

Tomas Truedsson

Piirilevysuunnitteluprosessin määrittely kaupallisessa liiketoiminnassa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Koulutusohjelman nimi

Insinöörityö

27.5.2015

Tekijä(t) Otsikko Sivumäärä Aika	Tomas Truedsson Piirilevysuunnitteluprosessin määrittely kaupallisessa liike- toiminnassa 29 sivua + 1 liite 27.5.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Sähkötekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Elektroniikka
Ohjaaja(t)	Pääsuunnittelija Tuomas Asikainen Yliopettaja Matti Fisher
<p>Insinööritöyssä tehtiin ohjeita komponentin luomisen eri vaiheisiin. Piirikaaviosymbolia varten täytyi luoda useampi eri ohje, jotta saatiin tarkennettua eroavaisuuksia erilaisten komponenttien luomisessa. Ohjeiden tarkoitus on helpottaa yhtä vaihetta piirilevysuunnitteluprosessissa Doosolutions nimisessä yrityksessä.</p> <p>Muut yrityksen työntekijät kävivät läpi ohjeita luodessaan komponentteja. Komponentin tehtyään sain palautetta siitä, kuinka helppoa ohjeen seuraaminen oli sekä siitä tarvitsisiko ohjetta muokata. Palautetta annettiin, koska ohjeiden on tarkoitus tulla kaikkien työntekijöiden käytettäväksi, kun yritys laajenee.</p> <p>Toistaiseksi ohjeet ovat olleet helposti ymmärrettäviä, muutokset niihin ovat olleet marginaalisia.</p> <p>Kun ohjeet on käyty läpi kokonaan ja todettu helposti seurattaviksi sekä hyviksi, niin ne päättyvät yrityksen palvelimelle, josta niitä käydään läpi tarvittaessa.</p>	
Avainsanat	CAE-decali, piirikaaviosymboli, piirilevy-decali, suunnitteluprosessi

Author(s) Title Number of Pages Date	Tomas Truedsson Determining Printed Circuit Board Designing process for Commercial Business Activities 29 pages + 1 appendice 27 May 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Electronics
Instructor(s)	Tuomas Asikainen, Head Designer Matti Fisher, Principal Lecturer
<p>Several instructions how to make a component were created in this study. Several instructions for the schematic symbol were needed, so that the differences between making the components could be pointed out. The objective of the instructions was to help in one phase of the process in a company called Doosolutions.</p> <p>The instructions were checked by the other employees while they made the components. Feedback about how easy it was to follow the instructions and if anything needed to be changed in there, was given. The reason for this is that all employees in the company are supposed to use the instructions.</p> <p>So far the instructions have been easy to understand, so the changes for the instructions have been very marginal.</p> <p>When all the instructions have been checked and noted to be easy to follow and good to use, they are put to company's server. In the future the instructions can be checked from there when needed.</p>	
Keywords	CAE-Decal, Scematic symbol, PCB-Decal, Design process

Sisällys

Tiivistelmä

Abstracts

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Piirilevyn suunnittelu	1
2.1	Piirilevyn suunnittelusäännöt	4
2.1.1	Suosittelavat suunnittelusäännöt	5
2.1.2	Tiukat suunnittelusäännöt	5
2.2	Sähkömagneettinen yhteensopivuus piirilevysuunnittelussa (EMC)	6
2.2.1	EMC-häiriötyyppejä	7
2.2.2	Häiriöiden kytkeytyminen	8
2.2.3	Potentiaalisten EMI-lähteiden ja uhrien tunnistaminen	8
2.2.4	Digitaaliset kellosignaalit	9
2.2.5	Digitaaliset signaalit	10
2.2.6	Korkeataajuiset vedot	10
2.2.7	Hakkurit ja virtalähteet	11
2.2.8	Analogiasignaalit	13
2.2.9	Virtateiden tunnistaminen	13
2.3	Maadoitus	14
2.4	Suodatus	15
2.4.1	Alipäästösuodatin	16
2.4.2	Ylipäästösuodatin	17
2.4.3	Kaistanpäästösuodatin	18
2.4.4	Kaistanestosuodatin	19
2.4.5	Kokopäästösuodatin	20
2.5	Koteloinnit	21
2.6	Piirilevyn spesifikaatio	22
3	Olemassa oleva prosessi	23
3.1	Työn vastaanotto	23
3.2	Piirikaavio	23
3.2.1	Piirikaaviosymbolien teko	24
3.2.2	Komponenttien nimeäminen	24

3.2.3	Datalehtien tallennus ja komponenttien saatavuus	25
3.3	Piirilevyn suunnittelu	25
3.4	Piirilevy-decalien teko	25
3.5	Mekaniikka	26
3.5.1	Mekaanisesti sidottujen komponenttien sijainti ja kieltoalueet	26
3.6	Suunnittelusäännöt	26
3.7	CAM-tiedostojen nimeäminen	27
3.8	Valmistusdokumentit	27
4	Uusi prosessi	28
5	Tulokset ja yhteenveto	29
	Lähteet	30

Liitteet

Liite 1. DooSolutionin ohje komponentin luomiseksi PADS ohjelmistolla

Lyhenteet

EMI	Electromagnetic interference. Suom. Sähkömagneettiset häiriöt.
EMC	Electromagnetic compatibility. Suom. Sähkömagneettinen yhteensopivuus.
ESD	Sähköstaattisia purkauksia.
RF	Radio frequency. Suom. Radiotaajuus.

1 Johdanto

Piirilevysuunnittelu prosessin määrittelyä kaupallisessa liiketoiminnassa lähdettiin määrittelemään DooSolutions- nimisessä yrityksessä, jotta tulevaisuuden haasteisiin voidaan vastata yrityksen laajentuessa. Yrityksessä käytetään Mentor Graphicsin PADS-ohjelmistoa, johon kuuluu piirilevy- ja piirikaavio- suunnitteluohjelmistot. Useamman henkilön käyttäessä suunnitteluohjelmistoja, tarvitsee erinäisiin asioihin luoda yhtenäiset pelisäännöt. Tarkoituksena oli luoda työohjeita, jotka tukevat suunnittelua. Nämä työohjeet tulevat yhdenmukaistamaan mm. komponenttien luomista sekä parantamaan suunnitteluprosessia. Samassa yhteydessä oli tarkoitus käydä läpi käytössä olevia tarkistuslistoja sekä lisätä kohtia tarpeen mukaan.

Tarkoitus oli käydä piirikaaviopuolen osalta ne asiat läpi, jotka ovat tarpeellisia normaalissa työtilanteessa sekä raapaista pintaa lopuista. Pääasiallisesti käydään läpi piirilevysuunnitteluun liittyviä asioita.

2 Piirilevyn suunnittelu

Kun valmis piirikaavio saadaan piirilevysuunnittelua varten, niin ensimmäiseksi on hyvä käydä piirikaavio läpi, jotta voidaan tunnistaa mahdolliset ongelmakohdat.

Piirilevyille tulevien kerrosten määrä tulee tarkistaa. Jos kyseessä on uusi työ, niin tarkistetaan, löytyykö asiakkaalle valmis pohja kyseiselle kerroslukumäärälle, avataan valmis piirilevypohja ja tallennetaan se työhakemistoon työnimikkeellä. Tarkistetaan, että tiedot ovat kunnossa. Uudessa työssä voidaan piirilevyn ääri viiva tuoda mekaniikkaohjelmasta tai sitten luodaan piirilevyn ääri viiva mallin mukaisesti. Jos kyseessä on päivitys vanhalle työlle, niin avataan edellinen versio ja tallennetaan se uudelle nimelle.

Suunnitellaan kerrosten käyttö huolella, jos kyseessä on useampikerroksinen kuin 6-kerrospiirilevy, koska 4- ja 6-kerroksisissa piirilevyissä on valmis suositus kerrosten käyttöön. Jos pääosa komponenteista on yläpuolella, niin 2-kerros on maataso. Vastaavasti pohjapuolelta katsoen seuraava kerros on jännitetaso, jotta kuparitasapaino piirilevyllä on kunnossa.

Tuodaan piirikaavio piirilevylle, jonka jälkeen ryhmitellään komponentit toiminnallisiin lohkoihin. Sijoitetaan mekaanisesti sidotut komponentit niille määritellyille paikoille ja lukitaan niiden paikat. Tarkistetaan, että suunnittelusäännöt ovat kunnossa sähköisiltä vaatimuksiltaan. Tämän jälkeen käydään läpi, jos joillakin komponenteilla on erikoisvaatimuksia vetojen leveyksillä. Määritellään suunnittelusäännöt niille vedoille, joille ei ole sähköisten vaatimusten takia erityisiä ehtoja. Näitä komponentteja voisivat olla erilaiset BGA-piirit, joilla saattaa olla muuhun osaan piirilevyä nähden kapeat vedot. Mitä kapeammat vedot ja eristevälit ovat käytössä, niin sen kalliimmaksi piirilevyn valmistaminen tulee.

Tarkistetaan, onko olemassa komponenttilohkoja, joilla on suositeltu komponenttien asemointi, kuten esimerkiksi hakkuripiirit yms. Asetetaan komponentit piirilevylle suositusten mukaisesti ja tarkistetaan silmämääräisesti niiden sijainnit ohjeeseen nähden. Tarkistetaan sen jälkeen mahdolliset kuparitasot lohkolle. Asemoidaan kuparialueet komponentteihin nähden ja kytketään alueet haluttuun nettiin. Kun kriittiset komponentit on asemoitu, voidaan loput lohkot asemoida piirilevylle. Asemoi lohkot kuitenkin niin, että jos käytössä on useampaa teknologiaa, niin mahdolliset maakannaspaikat saadaan järkeviin kohtiin. Reititetään kriittiset vedot ensin, jonka jälkeen voidaan tehdä sama muille vedoille piirilevyllä.

Tässä vaiheessa pitäisi olla tiedossa, millaisia juotosprosesseja piirilevyllä tarvitaan. Optimaalista olisi päästä mahdollisimman vähillä työvaiheilla. Jos piirilevyllä on sekä läpiladottavia että pintaliitoskomponentteja, tarvitaan piirilevylle vähintään 2 juotosprosessia. Jos kaikki pintaliitoskomponentit tulevat alapuolelle, niin silloin riittää aaltojuotosprosessi, mutta se tuo muita työvaiheita lisää, eikä välttämättä ole edullisin ratkaisu valmistuksen kannalta.

Joskus piirilevyillä on erikoisvaatimuksia läpivienneille, joko tilanahtauden tai sähköisten vaatimusten takia. Osa vedoista tarvitsee sokeita tai haudattuja läpivientejä. Impedanssisovitetut vedot ovat sellaisia, että niille pitää luoda maatasen sisälle tila vetoja varten. Impedanssiparin ympärillä pitää olla maatasoa koko vetoparin matkalla, minkä lisäksi impedanssiparin pitää olla mahdollisimman tarkasti samanmittainen. Suurimman osan matkasta ne kulkevat aivan vierekkäin, eivätkä ne erkane kauas toisistaan edes päätepisteissään, oli sitten kyseessä liitin tai prosessorin puoli, mistä lähdetään liikkeelle.

Reitittäessäsi piirilevyä pitää muista, että jokainen läpivienti lisää induktanssia. (kaava 1). Vältetään turhien läpivientien laittamista vetoihin.

$$L = 0.2h[\ln\left(\frac{4h}{d}\right) + 1] \quad (1)$$

missä L = induktanssi, h = piirilevyn paksuus ja d =läpiviennin halkaisija

Jos kyseessä on 1,6 mm:n paksuinen piirilevy ja läpivienti on 0,2 mm. Tällöin yllä olevan kaavan mukaisesti läpiviennin induktanssiksi voidaan laskea n. 2,8 nH.

Kun piirilevy on valmis, niin tarkistetaan, ettei sinne jäänyt eristeväliiongelmia. Piirilevyille lisätään tarpeen mukaan maatasoon liittyviä läpivientejä.

2.1 Piirilevyn suunnittelusäännöt

IPC on määritellyt piirilevyn vedon leveyksille suositukset virran ja eristevälin jännitteen perusteella. Eristevalivaatimuksia voidaan laskea, mutta pienillä jännitteillä komponenttien suunnittelusäännöt yleensä määrittelevät tämän. Piirilevysuunnittelussa on käytössä IPC-2221B standardi tavallisille piirilevyille ja IPC-2223C taipuisalle piirilevyille.

Taulukko 1. Virran vaikutus vedon leveyteen

<i>Virta / A</i>	<i>Vedon leveys / mils</i>	<i>Vedon leveys / mm</i>
<i>1</i>	<i>10</i>	<i>0,25</i>
<i>2</i>	<i>30</i>	<i>0,76</i>
<i>3</i>	<i>50</i>	<i>1,27</i>
<i>4</i>	<i>80</i>	<i>2,03</i>
<i>5</i>	<i>110</i>	<i>2,79</i>
<i>6</i>	<i>150</i>	<i>3,81</i>
<i>7</i>	<i>180</i>	<i>4,57</i>
<i>8</i>	<i>220</i>	<i>5,59</i>
<i>9</i>	<i>260</i>	<i>6,6</i>
<i>10</i>	<i>300</i>	<i>7,62</i>

Taulukossa 1 on IPC:n suositus vedon leveydelle, kun piirilevyllä on 35 µm kuparin paksuus ja sallitaan 10 °C:n lämpötilan nousu.

Taulukko 2. IPC:n suosittama eristeväli

Jännite / V	Piirilevyllä on juotteen esto pinnoite	Piirilevyllä ei ole juotteen esto pinnoitetta (alle 10000 jalkaa)	Piirilevyllä ei ole juotteen esto pinnoitetta (yli 10000 jalkaa)
0-50	0,13 mm	0,64 mm	0,64 mm
51-100	0,13 mm	0,64 mm	1,50 mm
101-150	0,40 mm	0,64 mm	3,18 mm
151-250	0,40 mm	1,27 mm	3,18 mm
251-500	0,75 mm	2,54 mm	12,7 mm
>500	0,00305 mm / V	0,005 mm / V	0,0254 mm / V

Taulukossa 2 on IPC:n suosittama eristeväli vaatimus, jos piirilevyllä on juotteenestopinnoite tai jos piirilevyllä ei ole juotteenestopinnoitetta. Silloin, kun tuotteella ei ole juotteenestopinnoitetta, niin tuotteen käyttökorkeus maanpinnasta vaikuttaa eristeväli vaatimukseen.

2.1.1 Suositeltavat suunnittelusäännöt

Jos piirilevystä halutaan helposti valmistettava, niin silloin on syytä käyttää eristeväli vaatimuksina 0,2 mm kuparitasoon ja muuten eristevälinä ja vedon leveytenä 0,15 mm. Suurin osa piirilevyn valmistajista pystyy valmistamaan piirilevyn näillä toleransseilla. Vastaavasti pienin suositeltu reikä tällä hetkellä on 0,4 mm, jolla on halkaisijaltaan 0,8 mm:n kaulus, jotta valmistuskustannukset pysyvät kurissa. (1,6 mm paksuiselle piirilevyllä) Tämä tosin on piirilevyvalmistajakohtainen suositus. Osa pystyy tekemään piirilevyt, jossa on pienempi reikä ja kaulus reiälle ilman lisäkustannuksia.

2.1.2 Tiukat suunnittelusäännöt

Jos tarvitaan erittäin pieniä eristevälejä, vedon leveyksiä ja reiän kokoja, niin tällä hetkellä voidaan suunnitella piirilevyjä, joissa on 0,05 mm veto ja eristeväli pintakerroksissa sekä 0,06 mm veto ja eristeväli välikerroksissa. Pienin porattava reikäkoko on 0,1 mm, jolla on halkaisijaltaan 0,4 mm:n kaulus.

Lisäksi voidaan käyttää laserporattuja reikiä sekä haudattuja ja ”sokeita” läpivientejä. Ne nostavat tuotteen hintaa niin paljon, ettei se ole mielekäästä, jollei se ole ehdottoman tarpeellista tuotteen valmiiksi saamiseen.

2.2 Sähkömagneettinen yhteensopivuus piirilevysuunnittelussa (EMC)

EMC-suunnittelu on todella tärkeä osa piirilevysuunnittelua, joka on otettava huomioon jo laitteen suunnittelun alkuvaiheessa. Tämä lyhentää suunnittelu-aikaa itse tuotteelle, koska mahdollisia häiriöitä on vähemmän. Ihanteellisinta olisi, jos laitteessa mahdollisesti olevat häiriölähteet saadaan heti alkuunsa vaimennettua tai mahdolliset häiriöt poistettua ennen kuin ne leviävät. Turhien häiriötekijöiden vähyys helpottaa mittauksia, jolloin voidaan keskittyä tuotteen toimivuuteen sen sijaan, että haetaan syitä häiriöille. Näin mahdolliset muutostarpeet seuraavalle suunnittelukierrokselle ovat pienemmät. Tämä vaikuttaa samalla suoraan suunnittelukustannuksiin vähentäen niitä olennaisesti. Ihannetilanteessa toista suunnittelukierrosta ei ole, mutta monimutkaisella piirilevyllä se ei useinkaan vastaa todellisuutta.

Suunnittelussa huomioitavia asioita ovat kotelointi, komponenttien sijoittelu, maadoitus sekä tuotteen sisällä olevat johdot. Laitteen kotelointi täytyy tehdä mahdollisimman tiiviisti ja materiaalin pitää olla johtavaa. Komponenttien sijoittelussa toisiaan häiritsevät komponentit sijoitetaan erilleen ja sähköisesti toisiinsa liitoksissa olevat komponentit lähekkäin. Hyvä maadoitus piirilevyille saadaan yleensä vasta, kun käytössä on monikerroksinen piirilevy (vähintään 4-kerroksinen). Jos laitteen sisällä on johtoja, niiden pitää olla lyhyitä eikä niissä saa olla ylimääräisiä silmukoita.

EU-alueella EMC-direktiivi asettaa rajoituksia laitteiden sähköiselle yhteensopivuudelle. Direktiivin noudattamisesta vastaa laitteen valmistaja. Itse laitteessa EMC-direktiivin noudattamisesta laitteessa valmistaja takaa sen CE-merkintää käyttämällä. Jos tuotteella on EMC-ongelmia, niin silloin tuotetta ei saa myydä. [2, 4, 8]

2.2.1 EMC-häiriötyyppejä

EMC-häiriötyyppejä ovat johtuva ja säteilevä RF-häiriö, sähköstaattinen purkaus (ESD), kertaluontoiset ja toistuvat transienttihäiriöt sekä sähkömagneettinen pulssi (EMP).

Johtuvaa RF-häiriötä aiheutuu, kun radioaalto on onnistunut pääsemään johtoon tai piirilevyllä pitkään suoraan vetoon käsiksi. Jos vedon pituus ylittää $\lambda/10$, se alkaa toimimaan antennina. Tämä lisää riskiä häiriöiden syntymiseen. Säteileviä RF-häiriöitä syntyy, kun radioaallot pääsevät laitteeseen kotelon läpi.

RF-häiriöt yleensä heikentävät sähkölaitteiden toimivuutta tai ainakin aiheuttavat laitteille vikatiloja sekä saattavat aiheuttaa virheitä piireille. Häiriöiden vakavuus riippuu vastaanottavan piirin suojauksesta. Paras keino suojautua RF-häiriöiltä on hyvä metallikotelointi.

Piirilevysuunnittelussa ei voi vaikuttaa sähköstaattisiin purkauksiin (ESD). Sähköstaattisia purkauksia (ESD) aiheutuu silloin, kun varautuneen ihmisen keho koskettaa esinettä. *Varaus syntyy usein kahden materiaalin välille, joilla on eri dielektrisyysvakio. ESD syntyy yleisimmin hankauksesta syntyvän staattisen sähkövarauksen seurauksena [1].* ESD:tä voi aiheutua myös elektrostaattisesta induktiosta. Kipinä on yleisin ESD:n ilmenemismuoto. *Staattisia varauksia syntyy muun muassa materiaalien kontaktin, ionisaation tai johtumalla siirtyvien varausten kautta.* Materiaalien välillä syntyy helposti varauksia hankaussähköilmiön takia. Materiaalien laatu ja materiaaliparit vaikuttavat varauksen syntymiseen erittäin paljon. *Varautumisominaisuuksien perusteella materiaalit voidaan laittaa järjestykseen, jota kutsutaan triboelektriseksi sarjaksi.* Mitä kauempana materiaalit sarjassa sijaitsevat toisiinsa nähden, sitä voimakkaammin ne varautuvat. Staattinen sähkö voi helposti varata kilovolttien tasoisen jännitteen riippumatta siitä, onko kohde ihminen, kone tai joku muu esine. *Varautumisen suuruuteen vaikuttavat mm. materiaalien kemialliset ja fysikaaliset ominaisuudet, epäpuhtaudet ja kosteus sekä kappaleiden välinen sijainti ja kontakti [1].*

Eristeisiin syntyy helposti staattista varausta, koska potentiaalierot eivät pääse niissä tasoittumaan. *Samassa kappaleessa voi olla erisuuruisia ja jopa eri merkkisiä varauksia [1].* Eristeessä oleva varaus voi säilyä siinä pitkiä aikoja, purkautuen silloin, kun pinnan epäpuhtaudet ja ympäristötekijät aiheuttavat johtumisen kappaleiden välillä. *Staattisen purkauksen huippuvirta voi olla jopa 200 A ja suurin taajuuskomponentti jopa 5 GHz [1].*

Transienttihäiriöt ovat nopeita virran tai jännitteen muutoksia sähköpiirissä. Transienttihäiriöitä ovat muun muassa kytkinvärähtelyt, salamoiden aiheuttamat syöksyjännitteet sekä sulakkeiden palamisesta johtuvat häiriöt. Yksi keino kytkinvärähtelyjen poistoon on lisätä kondensaattori värähtelevän piirin ulostuloon.

2.2.2 Häiriöiden kytkeytyminen

Häiriöiden kytkeytymisellä on neljä päätyyppiä. Nämä ovat säteilevä, induktiivinen, kapasitiivinen ja galvaaninen kytkeytyminen. Säteilevä kytkeytyminen tapahtuu radioaaltojen välityksellä. Induktiivinen kytkeytyminen tapahtuu magneettikentän ja keskinäisinduktanssin välityksellä. Galvaaninen kytkeytyminen, kun jokin häiritsevän ja häirityn piirin yhdistävä johtava yhteys alkaa häiritsemään. Tähän on yleensä syynä joka huonosti toteutettu johdotus tai huonosti toteutettu maadoitus. [2]

2.2.3 Potentiaalisten EMI-lähteiden ja uhrien tunnistaminen

Kun mietitään EMI-suunnittelua, niin on syytä käydä lähteet läpi yksitellen. Suurin osa piirilevyllä olevista EMI-häiriöistä voidaan erotella erilleen muista EMI-häiriöistä aiheuttavista lähteistä. Tällöin ne on helpompi tarkastella ja käsitellä erikseen lisäämättä häiriöitä muista lähteistä.

Jotta kaiken tämän voi tehdä, täytyy kaikki piirilevyllä olevat signaalit jaotella kahteen kategoriaan: tarkoituksellisiin ja tarkoituksettomiin signaaleihin. Piirilevyä suunniteltaessa suunnittelija mitä todennäköisemmin käy läpi tarkoitukselliset signaalit jättäen tarkoituksettomat signaalit käsittelemättä. 90% piirilevyllä olevista EMI-häiriöistä johtuu tästä. Tarkoituksettomien signaalien häiriöiden lähteet sisältävät mm. ylikuulumisen kytkeytymisen I/O linjoille, jännitetasot, piirilevyn yläpuoliset rakenteet ja yhteismuotoiset kytkennot.

Kaikki signaalit piirilevyllä eivät aiheuta sellaisia EMI-häiriöitä, jotka huolestuttavat suunnittelijoita. Useat signaalit kytkeytyvät vain satunnaisesti tai vaihtoehtoisesti silloin, kun laitetta käynnistetään. Signaalit, joiden tila vaihtuu usein ovat ne, joihin on syytä keskittyä, koska ne omaavat suurimman potentiaalin EMI-häiriöille. Kriittisiksi signaaleiksi voidaan luokitella kellosignaalit, muisti, data ja osoiteväylät, sekä mikä tahansa muu signaali, jolla on korkea taajuus tai sillä on suuri kaistanleveys. Nämä signaalit ovat ne joita pitää käydä tarkasti läpi, koska ne ovat erittäin suurella todennäköisyydellä EMI-häiriöiden lähteitä. Tahallisiin signaaleihin on usein liitetty tiettyyn datanopeuteen ja nousu/lasku aikoihin.

Jokainen piirilevyllä oleva piiri on potentiaalinen energialähde, joka saattaa tahattomasti kytkeytyä muihin piireihin tai laitteisiin. Samalla myös jokainen piiri on mahdollinen uhri tahattomasti kytkeytyvälle häiriölle. Tästä huolimatta osa piireistä on potentiaalisempia häiriön lähteitä, kun toiset taas ovat potentiaalisempia ottamaan häiriöitä vastaan.

Sekä elektroniikka- että piirilevysuunnittelijan pitäisi pystyä tunnistamaan nämä kohteet. [7, 20]

2.2.4 Digitaaliset kellosignaalit

Kellosignaalin taajuus voi olla mitä tahansa riippuen piirin vaatimuksesta. Sitä käytetään, kun halutaan jokin toiminta tietyllä ajankohdalla. Digitaaliset piirit, jotka suorittavat monimutkaisempia toimintoja, tarvitsevat kellosignaalia, jotta niiden toiminnot ovat oikealla hetkellä. Niitä käytetään erityisesti piireissä, jolla on takaisinkytkentä. Tämän lisäksi kellosignaalia käytetään estämään häiriöitä piireissä. Kellosignaalin tarkoitus on tahdistaa mikropiirit, jotta ne toimivat halutulla hetkellä. Kellosignaalia voidaan käyttää PWM-signaalin muodostamiseen. [10]

2.2.5 Digitaaliset signaalit

Suurin osa digitaalipiirilevyjen signaaleista kuljettaa digitaalista tietoa. Digitaalisignaali on vain kaksi tilaa. Pienessä osassa signaaleista on kellotaajuus. Digitaaliset signaalit yleensä eivät aiheuta ongelmia, mutta niiden satunnainen luonne aiheuttaa laajakaisesta kohinaa. Jos kyseessä on osoiteväylä, niin silloin ongelmia saattaa ilmetä häiriötä, kuten vähiten merkitsevän bitin muuttumisena. Digitaalisignaalin häiriön tarkka muoto ja vahvuus riippuu monista tekijöistä, kuten esim. siitä, onko ohjelmisto käynnissä ja minkälaista koodauskaavaa käytetään.

Datasignaalit eivät yleensä aiheuta ongelmaa kellosignaalien tapaan, mutta nopeat datasignaalit voivat tuottaa kohinaa paljon. [9]

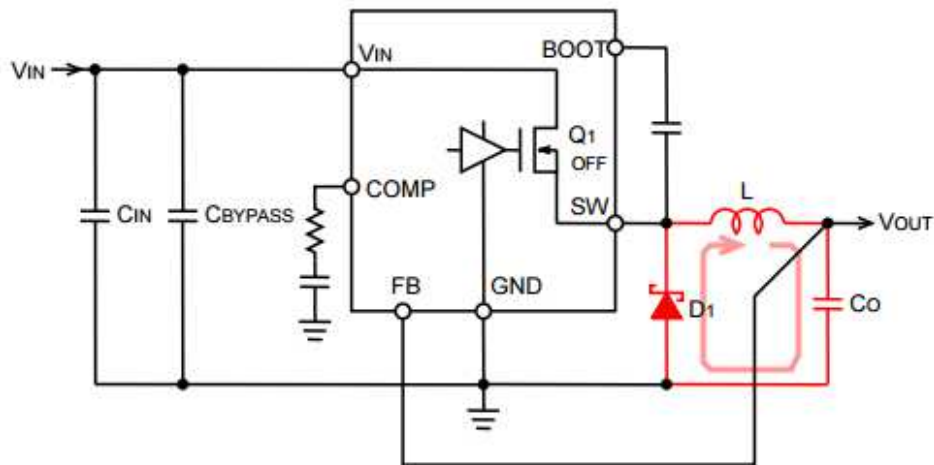
2.2.6 Korkeataajuiset vedot

Korkeataajuisia vetoja on erityisesti testauslevyillä, jolla on tarkoitus testata jonkun piirin toimivuutta. Tällöin piirilevyllä on rinnakkain useita korkea taajuisia vetoja useammassa kerroksessa vetomattona. Tärkeintä on silloin, etteivät vierekkäisissä kerroksissa vedot ole päällekkäin, jotta signaalit eivät häiritse toisiaan. Lisäksi näissä piirilevyissä täytyy olla maakerroksia useammassa tasossa. Näissä piirilevyissä on pintakerrokset maatasossa ja jännitevedot tulevat signaalivetoina. Rogers mainitaan piirilevymateriaalina yhtenä vaihtoehtona.

Rogers-piirilevymateriaalin alle asettuvat seuraavanlaisia kombinaatioita:

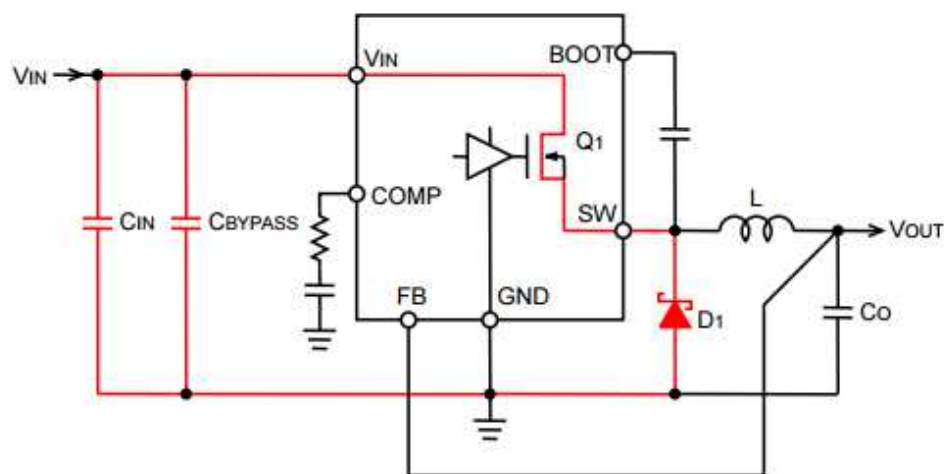
- **PTFE/random glass:** RT/duroid 5880,5870
- **PTFE/woven glass:** Ultralam 2000
- **PTFE/ceramic:** RT/duroid 6002, 6006, 6010LM, RO3003, RO3006, RO3010
- **PTFE/ceramic/woven glass:** RO3203, RO3210
- **Thermoset/ceramic:** TMM 3,4,6,10 & 10i
- **Thermoset/ceramic/woven glass:** RO4003C, RO4350B, RO4450B prepreg

Kuvassa 1 nähdään virtaloopin kulku, kun Q1 on johtavassa tilassa. Datalehdessä komponenttivalmistajalla on yleensä tarjota hyväksi todettu komponenttisijoittelu ja johdotus kyseiselle kytkennälle.



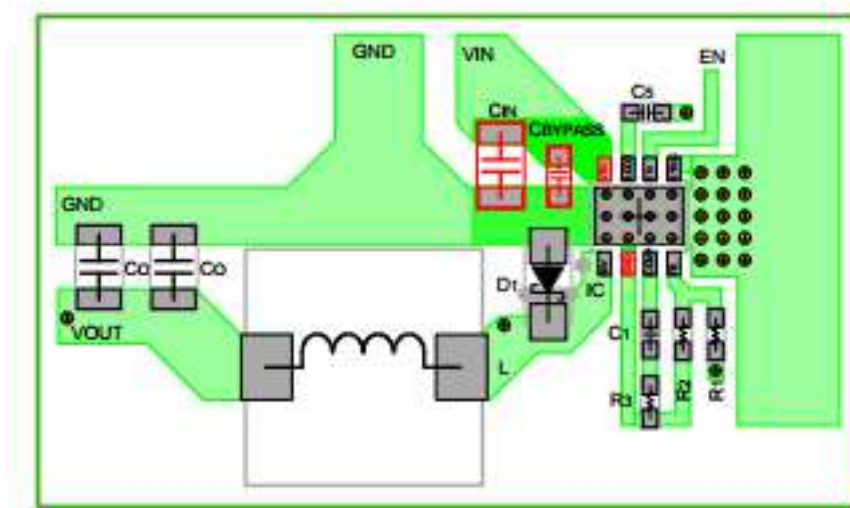
Kuva 2 Hakkuripiirin virtatie, kun Q1 ei johda

Kuvassa 2 nähdään virtaloopin kulku, kun Q1 ei ole johtavassa tilassa. Tämä on myös syytä huomioida, kun johdotetaan kyseistä kohtaa.



Kuva 3 Hakkuripiirissä olevien virtateiden ero

Kuvassa 3 on punaisella korostettu kohdat, missä virtatiet ovat erilaisia silloin, kun piiri Q1 joko johtaa tai ei johda.



Kuva 4 Hakkuripiirin komponenttisijoittelu ja kuparikaadot 1-kerroksessa

Kuvassa 4 on hakkuripiirin valmistajan suositus komponenttisijoittelusta ja kuparikaadosta 1-kerroksessa. Kuvassa on korostettu sisääntulokondensaattoreiden virtatietä. Tässä tapauksessa ne ovat rinnakkain lähellä hakkuripiirin Vin pinniä.

Kuvasta käy ilmi, että piiriä jäähdytetään piirilevyllä olevalla kuparilla. Piirin alla on 12 läpivientä, jotka on kytkettynä maatasoihin muissa kerroksissa. Soldermask-kerroksesta on piirin alta poistettu piirilevyä suojaava pinnoite. Tämä parantaa piirin jäähdytystä. Lisäksi piirin oikealla puolella on 15 läpivientä kytkettynä eri kerroksissa olevien maatasojen välillä. Kytkeäntöihin tehdään yleensä pieniä muutoksia. Se ei kuitenkaan vaikuta virtateihin. [19]

2.2.8 Analogiasignaalit

Muistetaan pitää analogiasignaalit erillään digitaalisignaaleista. Analogiasignaalilla on tietty arvo kaikilla ajan hetkillä. Sillä on jatkuva-arvoinen amplitudi, jolla on tietyn minimin ja maksimin välillä ääretön määrä mahdollisia signaalin arvoja. Mittaustulos signaalista esitetään desimaaliluvulla. [11]

2.2.9 Virtateiden tunnistaminen

Signaalin paluuvirta sijoittuu aina viereiselle tasolle. Vaikka paluuvirralla on olemassa optimaalinen reitti signaaliin nähden, niin silti osa virrasta saattaa kulkea hallitsematonta reittiä myöten häiriten matkalla olevia piirejä. [12]

2.3 Maadoitus

Maa on minimi-impedanssinen piirin virtojen paluujohdin [3]. Suurin osa galvaanisesti kytkeytyvistä häiriöistä aiheutuu huonosta maadoituksesta. Tämä voi tapahtua joko suoraan, induktiivisesti, kapasitiivisesti tai RF-säteilyn kautta. Maadoitusta suunniteltaessa pitää ottaa huomioon piirien virtatiet sekä piiristä mahdollisesti aiheutuvat häiriöt.

Useamman piirin kytkeminen samaan maadoitusjohtimeen aiheuttaa yhteisimpedanssia häiriöitä. Jokaisessa maadoitusjohtimessa on mukana impedanssia. Siinä kulkeva virta aiheuttaa jännitehäviöitä, jotka aiheuttavat häiriötä muissa samaan maapotentiaaliin kytketyissä piireissä.

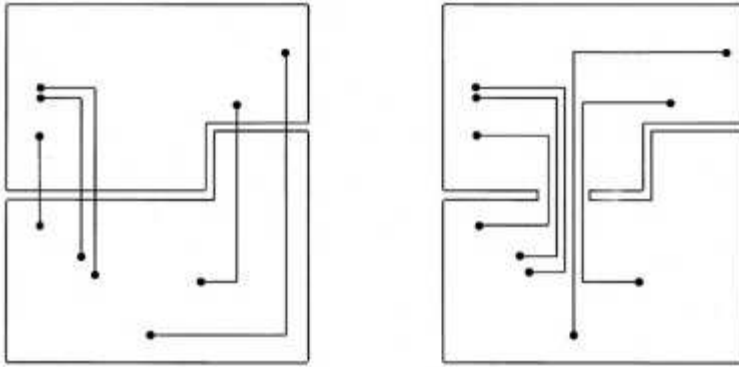
Mitä korkeammalla taajuudella häiriö on, sitä suuremmaksi induktiivisen reaktanssin häviöt aiheutuvat maajohtimeen. Taajuuden kasvaessa maadoitusjohtimen reaktanssin suhde resistanssiin kasvaa. Jännitepiikkien aikana on myös näkyvissä samankaltaista muutosta.

Lisäksi pitää huomioida, että maadoitusjohtimet saattavat muodostaa suljettuja silmuja, jotka pahimmassa tapauksessa altistuvat ja saattavat ottaa vastaan häiriöitä muuttuvista magneettikentistä. Vältä pitkien, suorien johtimien käyttöä maadoituksessa, sillä ne toimivat antennina RF-säteilyn häiriöille. Maadoitusjohtimen rinnalla kulkeva toinen johdin voi aiheuttaa siihen kapasitiivisesti johtuvia häiriöitä.

Piirilevypinta-alan antaessa myöten, on olemassa monta keinoa vähentää ulkoisten häiriöiden pääsy tuotteeseen. Yksi niistä on piirilevyn reunaa kiertävä läpivientiketju, joka on kytketty GND-tasoon. Asettamalla läpiviennit 5-8 mm:n välein vaihtelevalla etäisyyksillä saadaan kriittisimmillä taajuuksilla olevat ulkoiset EMI-häiriöt pois. Tämä luo piirilevylle ns. Faraday-häkki-ilmiön. Parhaimmassa tapauksessa tämä keino estää ulkoisten häiriöiden pääsyn tuotteeseen ja ehkäisee häiriöiden pääsyn pois tuotteelta.

Maatasoon ei ole hyvä reitittää vetoja, koska se saattaa aiheuttaa ongelmia. Tarkista signaalien paluuvirtareitit, koska esteetön paluureitti on yleensä tae siitä, että signaali on hyvä

Jos piirilevyllä on käytössä useampaa eri teknologiaa kuten esim. analoginen ja digitaalinen lohko, muista tehdä kuparitasoon katkos, jolloin virtasilmukat saadaan hallittua. Muista viedä lohkojen väliset vedot kuparikannaksen kohdalta puolelta toiselle. [3, 4]



Kuva 5 Vasemmanpuoleisessa on väärin tehty johdotus ja taso, oikeanpuoleisella periaate oikein.

Jos piirilevyllä on käytössä sekä analogia- että digitaalitekniikkaa, niin hyvä keino on pitää maatasokannas yhdessä halutussa kohdassa, jossa vedot siirtyvät analogia- ja digitaalilohkojen välillä maatasokannaksen yli. Näin saadaan virtasilmukat pidettyä omilla lohkoissaan, eikä häiriötä ole niin paljon. Jos piirilevyllä on avaus maatasossa, muistetaan pitää samanlainen avaus kaikissa kerroksissa, mukaan lukien jännitetasossa.

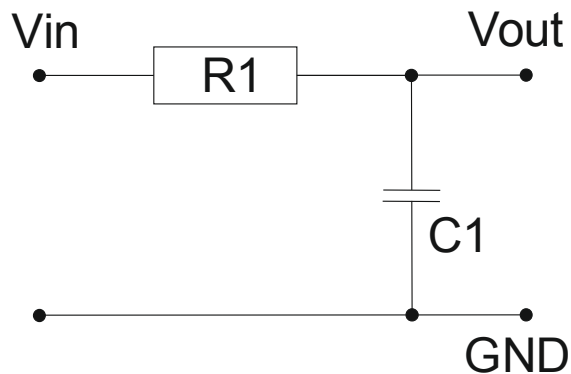
2.4 Suodatus

Passiivinen suodatin toteutetaan kondensaattoreiden, vastusten ja kelojen avulla. Kun taas aktiivinen suodatin on toteutettavissa esimerkiksi operaatiovahvistimella.

Alipäästö-, ylipäästö-, kaistapäästö-, kaistaesto- ja kokopäästösuodattimet voidaan mainita vaihtoehtoina. [5]

2.4.1 Alipäästösuodatin

RC-alipäästösuodatin on toteutettavissa yksinkertaisimmillaan vastuksen ja kondensaattorin avulla. Matalilla taajuuksilla signaali ei juurikaan vaimene, koska kondensaattorin läpi ei juurikaan kulje virtaa, jolloin vastuksen yli syntyvä jännitehäviö on melkein olematon. Korkeilla taajuuksilla kondensaattori käytännössä muodostaa oikosulun. Silloin ulostulonjännite on olemattoman pieni. [14]



Kuva 6 Esimerkkikytkentä yksinkertaisesta alipäästösuodattimesta

Kuvassa 2 on RC-kytkennällä toteutettu yksinkertainen alipäästösuodatus.

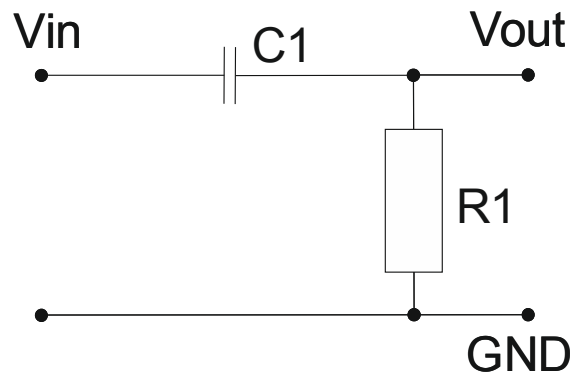
Seuraavana ovat alipäästösuodattimelle ensimmäisen ja toisen asteen siirtofunktiot.

$$\frac{U_{out}}{U_{in}} = H(s) = \frac{1}{s + 1}$$

$$H(s) = \frac{1}{s^2 + 2Ds + 1}$$

2.4.2 Ylipäästösuodatin

Ylipäästösuodattimessa vaihdetaan alipäästösuodattimeen verrattuna vastuksen ja kondensaattoreiden paikkaa. Ylipäästösuodatin päästää korkeataajuiset signaalit läpi ja vaimentaa matalataajuiset signaalit olemattomiin. [15]



Kuva 7 Esimerkkikytkentä yksinkertaisesta ylipäästösuodattimesta

Kuvassa 3 on toteutettu yksinkertainen ylipäästösuodatus CR-kytkennällä.

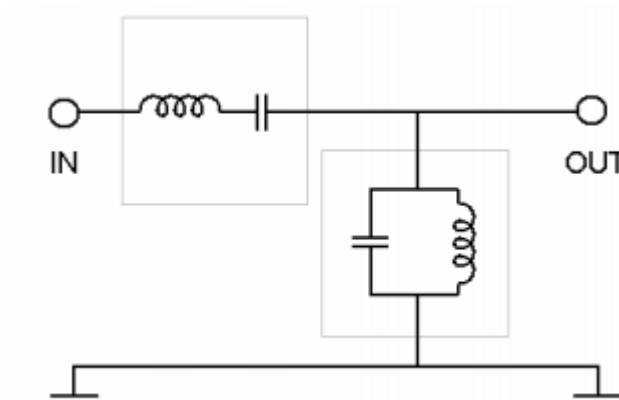
Seuraavana ovat ylipäästösuodattimelle ensimmäisen ja toisen asteen siirtofunktiot.

$$H(s) = \frac{s}{s + 1}$$

$$H(s) = \frac{s^2}{s^2 + 2Ds + 1}$$

2.4.3 Kaistanpäästösuodatin

Kaistanpäästösuodattimen läpi pääsee tietyn taajuusalueen signaalit. Halutun taajuusalueen ulkopuoliset signaalit vaimennetaan. [16]



Kuva 8 Esimerkkikytkentä kaistanpäästösuodattimesta

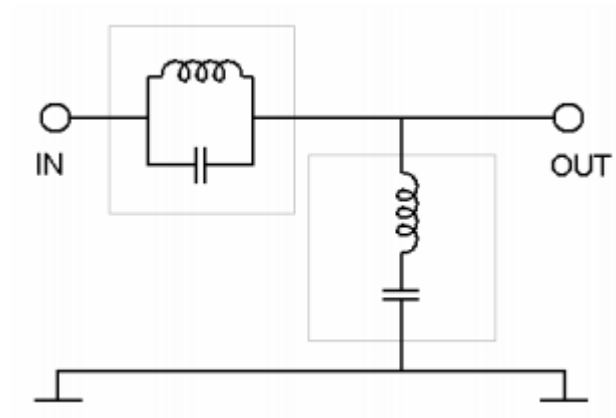
Kuvassa 4 on sisääntulon ja ulostulon välille sarjaan kytketty kela ja kondensaattori, jonka lisäksi on rinnan kytketty kela ja kondensaattori maapotentiaaliin nähden.

Kaistanpäästösuodatin on vähintään toisen asteen suodatin, sen siirtofunktio on muotoa.

$$H(s) = \frac{s}{s^2 + 2Ds + 1}$$

2.4.4 Kaistanestosuodatin

Kaistanestosuodattimella tapahtuu päinvastoin kuin kaistanpäästösuodattimella. Kytkenällä suodatetaan tietyn taajuuskaistan signaalit pois. [17]



Kuva 9 Esimerkkikytkentä kaistanestosuodattimesta

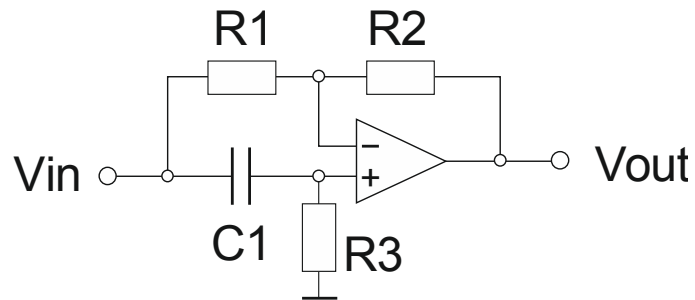
Kuvassa 5 on sisääntulon ja ulostulon välille rinnan kytketty kela ja kondensaattori, jonka lisäksi on sarjaan kytketty kela ja kondensaattori maapotentiaaliin nähden.

Kaistanestosuodatin on vähintään toisen asteen suodatin ja sen siirtofunktio on muotoa.

$$H(s) = \frac{s^2 + 1}{s^2 + 2Ds + 1}$$

2.4.5 Kokopäästösuodatin

Kokopäästösuodattimella muutetaan vaihekulmaa taajuuden funktiona. [18]



Kuva 10 Esimerkkikytkentä kokopäästösuodattimesta, joka on tehty operaatiovahvistimen avulla

Kuvassa 6 kokopäästösuodatin kytkentä on tehty vastuksien, kondensaattorin ja operaatiovahvistimen avulla. Kuvan 6 kytkentä voidaan laskea ensimmäisen asteen siirtofunktion avulla.

Tämä voidaan toteuttaa ensimmäisen ja toisen asteen siirtofunktiona.

$$H(s) = \frac{s - 1}{s + 1}$$

$$H(s) = \frac{s^2 - 2Ds + 1}{s^2 + 2Ds + 1}$$

2.5 Koteloinnit

Koteloidamalla laite ja sen sisäisiä komponentteja voidaan häiriöitä rajoittaa. Hyvin suunniteltu ja toteutettu kotelointi suojaa sekä radiotaajuisilta häiriöiltä että sähkö- ja magneettikenttien kautta kytkeytyviltä häiriöiltä. Vastaavasti huonosti suunniteltu kotelo ottaa vastaan sekä aiheuttaa häiriöitä. Koteloinnin toimivuutta on vaikea simuloida ja lopullinen toimivuus ilmeneekin vasta testaamalla valmista tuotetta. Sähkölaitteen kotelo on usein kytketty maadoitukseen, jolloin se suojaa laitetta myös ulkopuolelta tulevilta sähköstaattisilta purkauksilta.

Koteloinnissa häiriöalttiuteen vaikuttavat pääasiassa muoto ja materiaali. Yleensä laite tuottaa lämpöä niin paljon, että tuulettusta varten tarvitaan koteloon avauksia. Kun koteloon lähdetään tekemään aukkoja, niin on syytä pitää yksittäinen aukko mahdollisimman pienenä, koska aukon suurin läpimitta vaikuttaa siihen, kuinka se toimii antennina. Hyvässä kotelon suunnittelussa on syytä käyttää $\lambda/16$ -sääntöä, koska tätä suuremmasta aukosta alkaa säteily päästä läpi. Jos $\lambda/16$ säännöstä joudutaan poikkeamaan, niin silloin pitää ottaa huomioon, että jos aukko on pienempi kuin $\lambda/2$, niin voidaan käyttää aaltoputkia vaimentamaan säteilyä. Vaimenemisen tasoon vaikuttaa se, minkä pituinen putki on, sekä sen läpi kulkeva taajuus.

On mahdollista, että joissakin tapauksissa jopa maalikerros ja kotelon sauma saattavat toimia antennina. Huonosta kotelosta saadaan parempi, kun käytetään johtavaa maalia kuten esim. kuparia tai nikkeliä. Tällöin kotelo on johtavampi. Kotelon saumakohdissa kannattaa olla erittäin tarkkana, jotta saumakohdasta saadaan johtava, se voidaan myös toteuttaa laittamalla saumojen väliin johtavaa materiaalia.

Läpiviennit johdoille kannattaa toteuttaa liittimillä, jossa suodattimina on kotelon maatasoon kytketyt kondensaattorit. Potentiaalitaso on tässä tapauksessa sama sekä johdolla että kotelolla.

Valitsemalla kotelon materiaaliksi johtavaa materiaalia, voidaan vaimentaa ulkopuolelta tuleviin häiriösignaaleihin ja sähkökenttiin. Jos laitetta pitää suojata magneettikentiltä, tarvitsee kotelon materiaalin olla ferromagneettista, jonka permeabiliteetti on suuri ($\mu \gg 1$).

Vielä on syytä paneutua siihen, miten komponentit sijoitetaan tuotteessa, jotta häiriöille alttiit komponentit ovat helposti lisäkoteloitavissa tuotteen sisälle suojaamaan niitä. [2]

2.6 Piirilevyn spesifikaatio

Kun piirilevy on valmis, täytetään piirilevyn valmistusta varten siihen tarvittavat tiedot. Näitä ovat mm. piirilevyn materiaali, pinnoite, koko, kerrosmäärä, pintaliitostermiinalien määrä ylä- ja alapuolella, läpivientien koko ja määrä.

3 Olemassa oleva prosessi

3.1 Työn vastaanotto

Kun uusi työ vastaanotetaan, niin ensimmäisenä kopioidaan työkansio verkkolevyltä. Tämä kansio kopioidaan yrityksen kansion alle. Kansio nimetään kyseisen työn mukaisesti. Siihen lisätään kaikki tiedostot, jotka saadaan asiakkaalta.

3.2 Piirikaavio

Yleensä suunnitteluprosessi aloitetaan piirikaavion tarkastelulla. Piirikaavio saattaa tulla omilta suunnittelijoilta tai sitten vaihtoehtoisesti asiakkailta. Sopimuksesta riippuen piirikaavio muodostetaan joko asiakkaan dokumenteista tai sitten elektroniikan suunnittelupalvelu ostetaan meiltä.

Asiakkaalta voi tulla kytkentä piirikaaviota varten monessa eri formaatissa. Esim. kytkentä muodostettuna Excel-taulukkoon tai kytkentä on piirretty paperille. Ohjeista muodostetaan kytkentä PADS logic-nimisellä piirikaaviosuunnitteluohjelmalla. Kun kytkentä on tehty, se lähetetään asiakkaalle tarkastettavaksi. Niille asiakkaille, joilla ei ole PADS-ohjelmistoa käytettävissä, piirikaavio lähetetään PDF-formaatissa. Asiakkaan kanssa piirikaavio käydään läpi, jonka yhteydessä tarkastellaan mahdollisia muutostarpeita kytkentään.

3.2.1 Piirikaaviosymbolien teko

Ensimmäiseksi tarkastetaan kirjastosta, onko olemassa jo samankaltaiselle komponentille symboli, jonka jälkeen tarkastellaan yhteensopivuus uudelle komponentille. Ellei sopivaa symbolia löydy, sellainen pitää tehdä. Uutta komponenttia tehtäessä noudatetaan luotua ohjetta.

Osalla asiakkaista on ohjeet komponentin luomista varten. Jos työ tehdään asiakkaalle, joka on toimittanut meille ohjeet, niin silloin käydään heidän ohjeensa läpi ennen komponentin luomista.

Osa asiakkaista on antanut oman kirjastonsa meidän käyttöömme. Nämä asiakkaat luovat itse piirikaaviosymbolit ja siihen liittyvät piirilevy-decalit, Jos asiakas ei saa tehtyä niitä projektin vaatimalla aikataululla, niin silloin niille on tehtävä väliaikaiset symbolit meidän toimestamme.

3.2.2 Komponenttien nimeäminen

Komponentin nimeäminen aloitetaan komponenttiperheen mukaisesti (yleensä 3 kirjainta), jonka jälkeen tulee komponentin valmistajan nimi ja komponentin valmistajan tuotenumero. Taulukko komponenttiperheistä löytyy paperisena versiona suunnittelijan pöydällä.

Jos kyseinen komponentti ei kuulu mihinkään taulukossa löytyvään perheeseen, niin sille täytyy saada kuvaava nimi, jotta sen löytää jatkossakin.

Lopuksi kun komponentti on valmis, täytyy se tarkistaa, jotta sen toimimisesta voidaan olla täysin varma. Tämä tapahtuu tuomalla symboli tyhjään piirikaavioon, joka viedään piirilevylle eco-toiminnon avulla.

3.2.3 Datalehtien tallennus ja komponenttien saatavuus

Uusien komponenttien datalehdet tallennetaan asiakkaan hakemiston alle siihen tarkoitettuun kansioon.

Kun komponenttia valitaan, täytyy varmistua sen saatavuudesta prototyyppeihin sekä tuotantoa varten.

3.3 Piirilevyn suunnittelu

Kunhan piirikaavio ja mahdolliset uudet komponentit on luotu, sekä mekaniikka on tiedossa, niin päästään suunnittelemaan piirilevyä. Joitakin muutoksia kytkentään saattaa ilmetä matkan varrella. Ne vaikuttavat suoraan suunnitteluajatauluun, yleensä lisäten työkuormaa.

3.4 Piirilevy-decalien teko

Ensimmäiseksi tarkastetaan, onko kirjastossa oikeanlaista piirilevy-decalia. Jos ei sellaista löydy, niin sitten pitää komponentin datalehteä käydä läpi, jotta selviää, minkälaisen terminaalikuvion kyseinen komponentti vaatii. Joissakin komponenttien datalehdissä ei löydy tätä, vaan se joudutaan etsimään kyseisen komponentin valmistajan sivuilta.

Jos asiakasta varten joutuu tekemään komponentin, jossa pinninumerointi on epälooginen, niin on syytä tallentaa se asiakasta varten luotuun kirjastoon. Tämä ehkäisee sen käytön jonkun muun asiakkaan työhön, jolloin se ei aiheuta ongelmia jatkossa.

3.5 Mekaniikka

Tuotteen kotelo ja kiinnitykset piirilevyyn aiheuttavat joskus omat haasteensa. Mekaniikan aiheuttamat rajoitukset tarkastetaan yleensä 3D-ohjelman avulla. Valitettavasti kaikilta asiakkailta ei saada 3D-malleja sähköisessä muodossa. Joskus asiakkaalta saadaan kotelo, johon tuotteen pitää sopia, eikä siitä ole olemassa 3D-mallia. Silloin sitä joudutaan mitoittamaan työntömitan avulla. Valitettavasti se ei ole niin tarkka, jolloin joudutaan piirilevyn mitoittamisessa käyttämään vähän suurempia toleransseja, joka mahdollisesti aiheuttaa ylimääräistä työtä tuotteen loppuvaiheessa.

3.5.1 Mekaanisesti sidottujen komponenttien sijainti ja kieltoalueet

Mekaanisesti sidotut komponentit ovat yleensä asiakas- tai asennusrajapinnassa. Näihin kuuluvat mm. liittimet, potentiometrit tai trimmerit, ledit ja erilaiset näytöt. Tai sitten on mahdollista, että komponentti tarvitsee jäähdytystä. Jos kyseessä on vanhan tuotteen päivitys, saattaa jäähdytyselementillä olla valmis malli, jota halutaan käyttää myös uudessa mekaniikassa.

Piirilevyllä on usein alueita, joihin ei saa laittaa komponentteja, läpivientejä jne. Nämä johtuvat yleensä mekaniikan aiheuttamista rajoituksista.

3.6 Suunnittelusäännöt

Piirilevyn valmistajia on moneen lähtöön. Osa piirilevyvalmistajista pystyy valmistamaan piirilevyjä tiukemmilla toleransseilla kuin toiset. Osalla asiakkaista on olemassa omat suunnittelusäännöt, joita pitää noudattaa heidän töitä tehdessään. Jos asiakkaalla ei ole omia suunnittelusääntöjä, niin silloin käytetään omia suunnittelusääntöjä.

3.7 CAM-tiedostojen nimeäminen

CAM-tiedostoja nimettäessä pitää ottaa huomioon loogisuus, jotta valmistajalle ei jää epäselvyyttä, mikä kerros on mikäkin. Kerroksnimissä loppuosa on vakio. Siihen liitetään tuotteen nimi ja dokumenttinumero revisioineen eteen, jolloin näissä tiedostoissa on myös revisio mukana.

3.8 Valmistusdokumentit

Piirilevyn valmistusta varten pitää toimittaa piirilevyn CAM-tiedostot ja PCB-spesifikaatio pakattuna ZIP-tiedostoon. Lisäksi tehdään kokoonpanoa varten osaluettelot, joka tehdään piirikaavion pohjalta käyttämämme Excel-pohjaan.

Luodut CAM-tiedostot pakataan, jonka jälkeen ne viedään viewmate-ohjelmaan tarkastusta varten. Tämän jälkeen tarkastettu CAM-tiedostopaketti viedään verkkolevylle kyseisen tuotteen manufacturing-nimiseen hakemistoon.

PCB-spesifikaatiota luotaessa käytetään valmista pohjaa, johon tuodaan tarvittavat tiedot.

4 Uusi prosessi

Insinööriä tehtäessä otettiin yrityksessä käyttöön uusi tarkistuslista. Tämä vaikutti olevan hyvä ratkaisu, joten jätin siihen paneutumisen vähemmälle. Pääpaino jäi näin ollen komponenttiosuusteiden luomiselle. Tein useammalle eri vaihtoehdolle ohjeet, koska piirikaaviopuolella on jonkin verran eroa sillä, että lähdetään muokkaamaan olemassa olevaa komponenttia, tai sillä, että tehdään uusi komponentti CAE-Decalistä lähtien.

Uuteen prosessiin lähdettiin tekemään yrityksen intranettiin prosessin kaaviota, jonka mukaan toimitaan. Eri toimintalohkoihin laitettiin ohjeita, joita luotiin työn aikana.

Prosessin loppumetreillä käytiin vielä tarkemmin komponenttien nimeämistä. Se päätettiin uudistaa, jotta komponentit on jatkossa helpompi löytää. Komponentin nimi tulee koostumaan olemassa olevasta komponenttiperhenimestä, kotelotyyppistä ja komponentin tarkentavista tiedoista. Poikkeuksena liittimet, joille kotelotyyppin kohdalla on rivi määrä ja rivissä olevien pinnien määrä. Esim. CON/2x5/FTSH.

Samassa yhteydessä päädyimme muokkaamaan RefDes-merkinnän kokoa vastaamaan tämänhetkisiä tarpeita 0603-koteloisten komponenttien kanssa. Se valikoitui piirilevyvalmistajien silkipainon mukaisesti 1,0 mm korkeaksi ja 0,125 mm leveäksi.

Samalla päätettiin luopua komponenttiperheisiin jaetusta kirjastosta. Komponentit tul- laan jatkossa jakamaan kahteen osaan. Yhdessä kirjastokansiossa on piirikaaviosym- bolit ja toisessa on piirilevy-decalit.

5 Tulokset ja yhteenveto

Tähän mennessä olen kuullut ohjeistani positiivista palautetta. Pientä hienosäätöä on tarkoitus tehdä, ennen kuin ne siirretään yrityksen serverille.

Lopputyötä tehdessä olisi pitänyt olla enemmän aktiivinen siinä vaiheessa, kun lupauksista huolimatta työpaikalta ei kuulu mitään. Tästä huolimatta näyttää siltä, että he saivat sen, mitä olivat vaille. Olisin ollut valmis tekemään ohjeita enemmänkin, mutta siihen ei loppujen lopuksi jäänyt aikaa.

Tavoitteena oli luoda ohjeita helpottamaan suunnitteluprosessin läpikulkua. Insinöörityössä keskityttiin piirilevysuunnitteluprosessia helpottaviin ohjeisiin. Ohjeita tullaan käyttämään, kun luodaan uusia tai muokataan olemassa komponentteja olevia ohjeiden mukaisiksi. Näin saadaan komponenttien luontia standardisoitua, jolloin ei pitäisi olla eroavaisuuksia riippumatta siitä kuka tekee komponentin.

Tähän mennessä on tehty ohjeita komponentin luomisen eri vaiheille, eli ohjeet CAE-Decali, piirikaaviosymbolin ja piirilevy-decalin tekemistä varten. Lisäksi on käyty läpi kuinka komponenttien nimeämistä tullaan tekemään jatkossa, jotta ne ovat helpommin löydettävissä. Piirilevy-decalille määriteltiin RefDes koko, jotta sitä pystyy käyttämään sekä osakuvia varten sekä asiakkaan halutessa silkkipainatusta piirilevyille. Koko on suoraan piirilevyvalmistajien ilmoittama minimikoko silkkipainatusta varten. Näin ei tämän kokoa tarvitsisi muuttaa tai tarkistaa joka kerta.

Tehtyjä ohjeita tullaan viemään yrityksen palvelimelle lähipäivien aikana. Lähitulevaisuudessa yritykseen tullaan tekemään lisää ohjeita. Nämä tulevat luomaan uusia pelisääntöjä toisiin suunnitteluprosesseihin, koska piirilevysuunnittelu on vain osa kokonaisuutta.

Lähteet

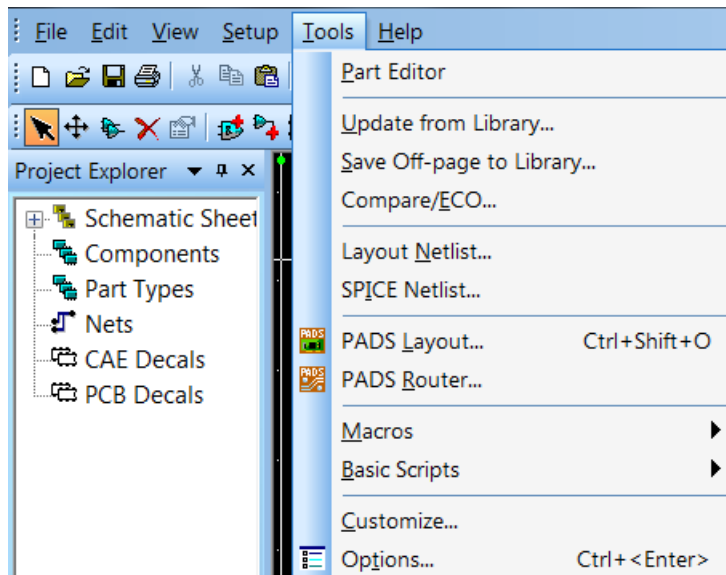
1. https://fi.wikipedia.org/wiki/Sähköstaattinen_purkaus Luettu 15.02.2016.
2. https://fi.wikipedia.org/wiki/Sähkömagneettinen_yhteensopivuus Luettu 18.02.2016.
3. <https://fi.wikipedia.org/wiki/Maadoitus> Luettu 16.02.2016.
4. Keith Armstrong 2007 EMC for Printed Circuit Boards Nutwood UK publication
5. https://fi.wikipedia.org/wiki/Elektroniikan_suodattimet Luettu 19.02.2016.
6. Hannu Tikkanen 1997 PADS-piirilevysuunnitteluopas
7. https://en.wikipedia.org/wiki/Electromagnetic_interference Luettu 20.02.2016.
8. http://gallia.kajak.fi/opmateriaalit/yleinen/honHar/ma/EMCs_vaatimukset_1.pdf Luettu 21.02.2016.
9. https://en.wikipedia.org/wiki/Digital_signal Luettu 22.02.2016
10. https://en.wikipedia.org/wiki/Pulse-width_modulation Luettu 23.02.2016
11. <https://fi.wikipedia.org/wiki/Analogisuus> Luettu 24.02.2016
12. http://koti.kapsi.fi/jahonen/Electronics/Stuff/EMC_SI_PCBDesign.pdf Luettu 24.02.2016
13. https://en.wikipedia.org/wiki/DC-to-DC_converter Luettu 25.02.2016
14. <https://fi.wikipedia.org/wiki/Alipäästösuodatin> Luettu 26.02.2016

15. <https://fi.wikipedia.org/wiki/Ylipäästösuodatin> Luettu 26.02.2016
16. <https://fi.wikipedia.org/wiki/Kaistanpäästösuodatin> Luettu 26.02.2016
17. <https://fi.wikipedia.org/wiki/Kaistanestosuodatin> Luettu 26.02.2016
18. <https://fi.wikipedia.org/wiki/Kokopäästösuodatin> Luettu 26.02.2016
19. http://rohmfs.rohm.com/en/products/databook/applinote/ic/power/switching_regulator/converter_pcb_layout_appli-e.pdf Luettu 27.02.2016
20. Bruce R. Archambeault 2002 PCB Design for Real-World EMI Control

DooSolutionin ohje komponentin luomiseksi PADS ohjelmistolla

Komponentin luontia varten avataan ensin PADS logic, ohjelma joka on tarkoitettu piiri-kaavioiden suunnitteluun. Siellä valitaan komponentin luontia varten "Part Editor".

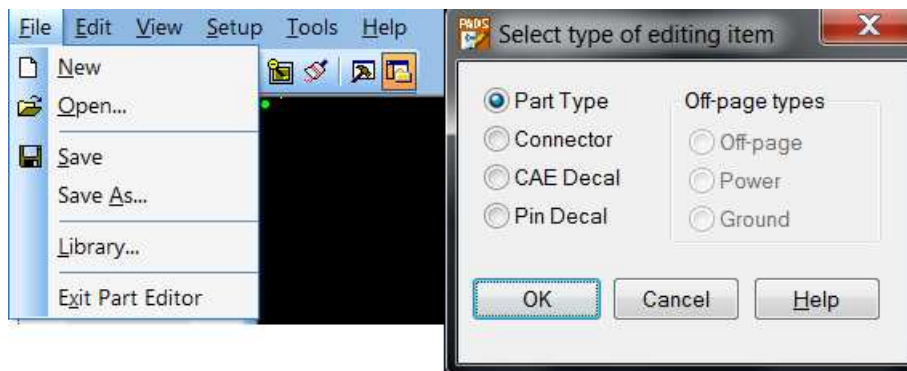
Kuva 1:ssä on näkymä, kun olet menossa työstämään komponenttia Part Editor:ssa



Kuva 11

Kun uusi komponentti luodaan, on siellä kaksi vaihtoehtoa. Joko tehdään komponentti tai sitten liitin-tyyppinen komponentti. (Tähän päästään File → New, josta pitää valita joko Part Type tai Connector riippuen komponenttityypistä, mitä olet tekemässä. Jos muokataan komponenttia, niin silloin pitää valita File → Open, josta pitää valita joko Part Type tai Connector riippuen komponenttityypistä, mitä olet tekemässä.)

Kuva 2:ssa on näkymä Part editoriin menosta, sekä näkymä siitä kun on valittu New. Seuraavasta valitaan tehdäänkö liitin- tai jonkun muun tyyppistä komponenttia. (Kuvassa valittu Part Type, jolla tehdään muunlainen komponentti)

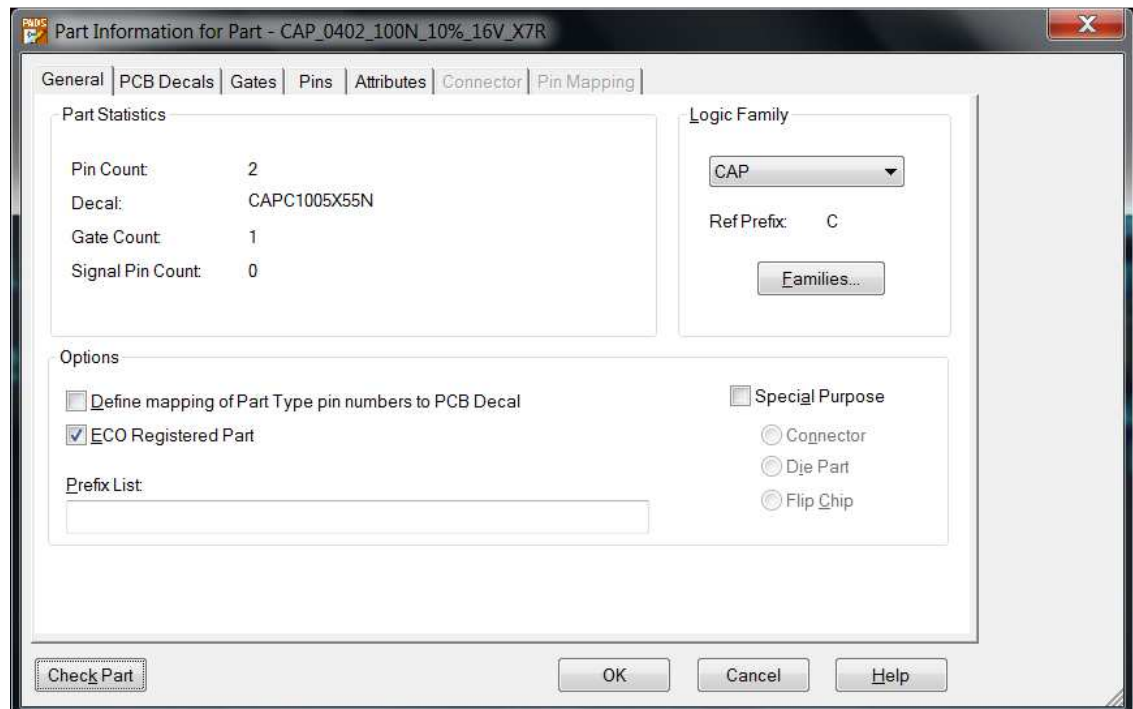


Kuva 12

Kun tyyppi on valittu, niin komponentti nimetään, jonka jälkeen se tallennetaan kirjastoon. Komponentin nimi muodostuu komponentti perheestä, komponentin valmistajan nimestä ja komponentin nimikkeestä.

Komponenttia tehtäessä on syytä käydä läpi

Kuva 3:ssä on esimerkki yhden komponentin Part Informationista välilehtinäköymästä.



Kuva 13 Komponentin näkymä General-välilehdeä

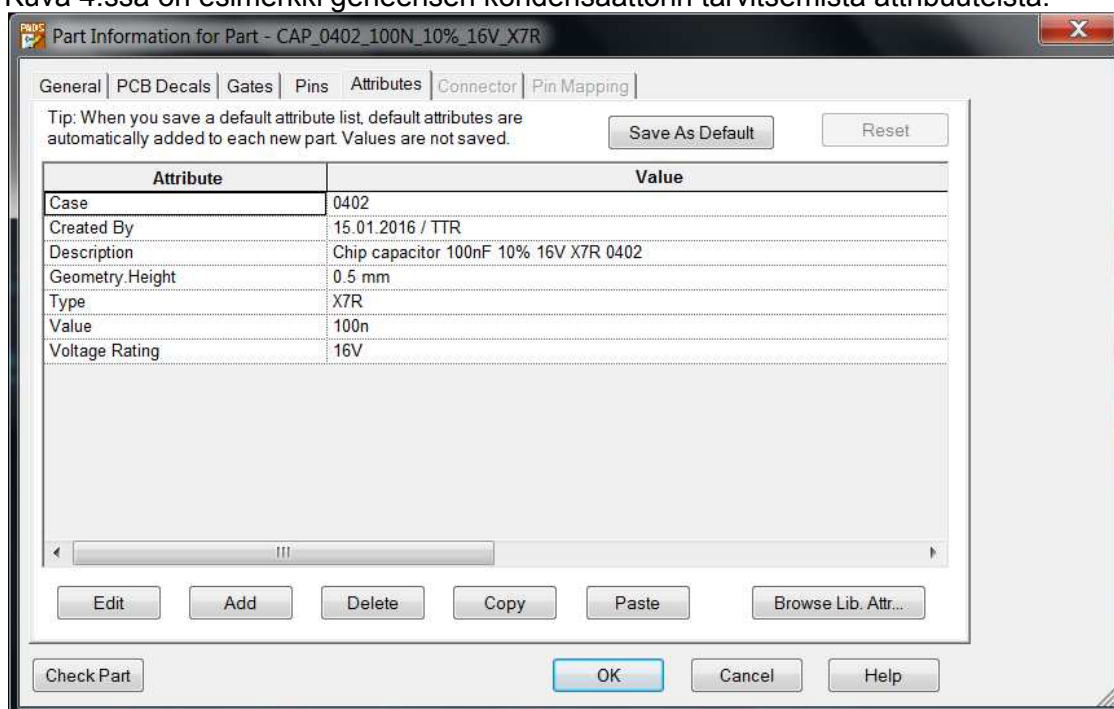
Part information välilehdellä löytyy seuraavat alakohdat:

- General, jossa löytyy komponentin logiikka perhe
- PCB Decal, jossa liitetään piirikaavio symboliin piirilevy decali
- Gates, jossa lisätään CAE Decal symboli piirikaavio symboliin (Ei liitin tyyppi komponenttien)
- Pins, jossa voidaan tarvittaessa synkronisoida pinnien nimet
- Attributes, jossa lisätään komponenttiin kaikki tarvittava tieto mitä komponenttiin tarvitaan
- Connector, jossa lisätään CAE Decal symboli piirikaavio symboliin (Liitin tyyppi komponenteille)
- Pin Mapping

Jokaisessa komponentissa on attribuutti tietoja. Alla on lista tärkeimmistä olemassa olevista attribuuteista. Lisää alla olevat kohdat komponentin datoista tarpeen mukaan attribuutti-kohtaan.

- Created By, johon lisätään komponentin luonti päivämäärä ja tekijän puumerkit (esim. 12.1.2016 / TTR)
- Case, tähän tulee komponentin kotelotyyppi
- Description, johon laitetaan komponentin kuvaus
- Geometry.Height, johon laitetaan komponentin korkeustieto (esim. 12.05 mm)
- Manufacturer #1, johon komponentin ensisijainen valmistaja laitetaan
- Mouser Part nr, Digikey tai Farnell Code, riippuen siitä mistä komponentti on saatavilla
- Part Type, johon laitetaan komponentin tyyppi numero
- Type, jossa on lisäksi komponentin perhe liitetty komponentin tyyppinumeroon (tai keraamisen kondensaattorin olleessa kyseessä siinä pitää olla kondensaattorin toleranssiluokka)
- Val, jossa mainitaan komponentin arvo, kuten mm. vastukset, kondensaattoria ja induktanssit yms.
- Voltage Rating, tämä tulee komponentteihin jossa jännitteen kestolla on merkitystä, kuten mm. kondensaattoreita, diodeja releitä yms.
- Tolerance, on käytössä mm. vastuksilla sekä tantaali ja elektrolyytti kondensaattorilla
- Sch.Slavepins.1 tällä rivillä voidaan yhdistää 2 tai useampi pinni. (Value kenttään niiden pinnien numerot, jotka yhdistetään.)

Kuva 4:ssä on esimerkki geneerisen kondensaattorin tarvitsemista attribuuteista.



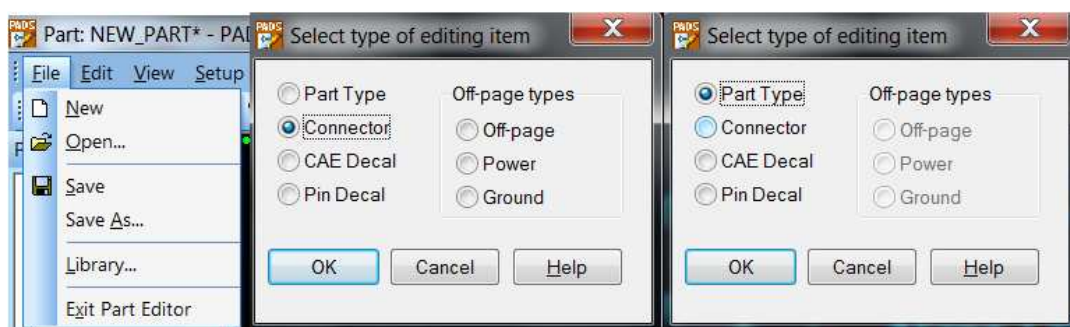
Kuva 14 Komponentin näkymä attribuutti välilehdeltä

Ohje, kun muokataan komponentin attribuutteja

Jos kyseiselle komponentti tyypille on jo olemassa symboli, jossa on oikeantyyppinen piirilevy decali, niin silloin riittää että muokataan komponentin tietoja. Tämä on yleistä palavastuksissa ja palakondensaattoreissa.

Kun muokataan olemassa olevaa komponenttia, niin silloin valitaan OPEN kuvan 5 näkymästä. Samassa kuvassa on vieressä valittuna sekä Connector, että Part Type. Näistä kahdesta vaihtoehdoista pitää valita, minkä tyyppistä komponenttia muokataan.

- Liitintyyppin kyseessä ollessa, valitaan Connector
- Jos muokataan mitä tahansa muuta komponenttia, valitaan Part Type



Kuva 15 Komponentin näkymä sekä liittimen että muuntyyppisen komponentin muokkaamista varten

Avaa komponentti, jossa on oikea symboli ja oikea PCB Decali

1. Nimeä komponentti ja tallenna se
2. Muokkaa komponentin tietoja part information välilehdellä

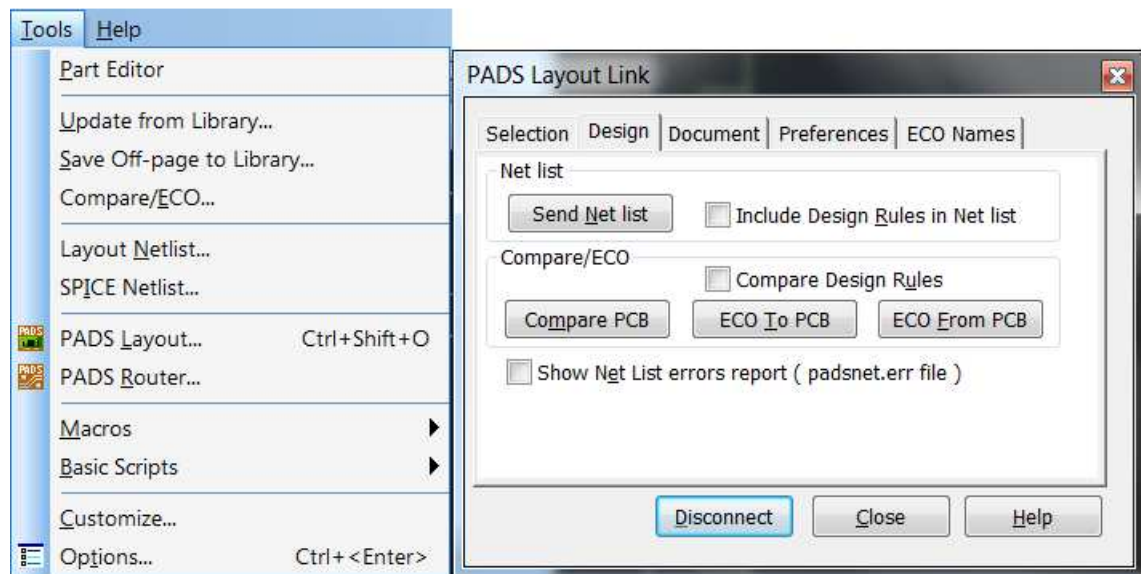
Kaikki tarvittava tieto tähän löytyy komponentin datalehdessä.

Helpoimmassa tapauksessa komponenttiin on vain muokattava datatiedot. Jos komponentti on muuten kunnossa, mutta siihen joudutaan vaihtamaan piirilevy decali, se liitetään komponenttiin jonka jälkeen on syytä käydä läpi kaikki alla olevat kohdat.

3. Muokkaa olemassa olevia attribuutteja
4. Lisää tarvittaessa attribuutteja
5. Tarkista pinnien nimet
6. Tallenna komponentin tiedot
7. Tarkista komponentin toimivuus

Tuo uusi komponentti tyhjälle piirikaavio pohjalle, kytke komponentti.

Kuvassa 6 on linkki kuinka kytketty komponentti viedään layout:iin. Kuvan 6 mallin mukaisesti: TOOLS → PADS Layout → Eco to PCB. Tarkista, että komponentti toimii niin kuin pitää.



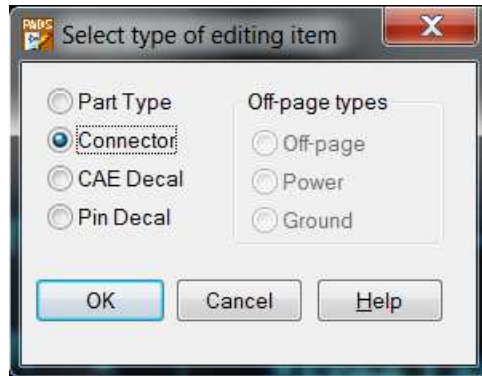
Kuva 16 Näkymä kuinka komponentti tuodaan piirikaaviosta piirilevylle

2. Uuden komponentin tekeminen, jos CAE decali on olemassa

2.1. Liitin tyypin komponentin tekeminen

Kuva 7:ssä on valittu liitin tyypin komponentti. Siihen päästään samalla lailla, kuin kuva 2:ssa

(File →New)



Kuva 17

1. Luo uusi liitin (File →New →Connector)
2. Lisää CAE decali Connector välilehden alta

Käytä EXTIN ja EXTOUT CAE Decaleja.

3. Liitä piirilevy decalin tähän komponenttiin
4. Tallenna komponentti
5. Lisää tarvittavat attribuutit
6. Tarkista pinnien nimet ja kytkeytyminen
7. Tallenna komponentin tiedot
8. Tarkista komponentin toimivuus (kuvan 6 ohjeen mukaisesti)

Tuo uusi komponentti tyhjälle piirikaavio pohjalle, kytke komponentti. Tämän jälkeen:

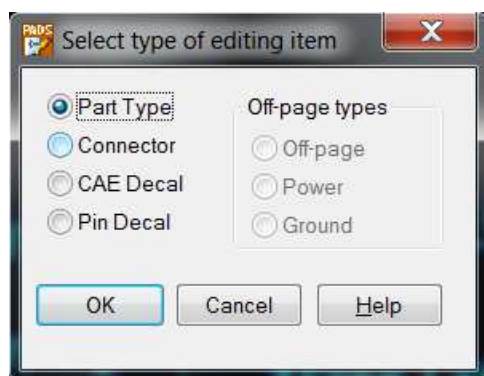
TOOLS → PADS Layout → Eco to PCB. Tarkista, että komponentti toimii niin kuin pitää.

2.2. Muu kuin Liitin tyyppin komponentin tekeminen (Part Type)

Jos olet tekemässä jotakin muuta uutta komponenttia, jossa meillä on jo olemassa CAE decalit.

Kuva 8:ssa on valittu Part Type komponentti. Siihen päästään samalla lailla, kuin kuva 2:ssa.

(Eli File → New → Part Type).



Kuva 18

1. Luo uusi komponentti (File → New → Part Type)
2. Lisää komponenttiin CAE Decali
(CAE Decali lisätään Gate välilehden alta.)
3. Määritä komponentin logiikka perhe taulukon mukaisesti
4. Tallenna komponentti
5. Liitä piirilevy decalin komponenttiin
6. Lisää tarvittavat attribuutit
7. Tarkista pinnien nimet ja kytkeytyminen
8. Tallenna komponentin tiedot
9. Tarkista komponentin toimivuus (Kuvan 6 ohjeen mukaisesti)

Tuo uusi komponentti tyhjälle piirikaavio pohjalle, kytke komponentti. Tämän jälkeen:

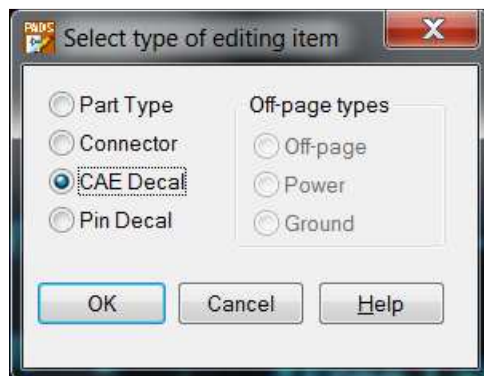
TOOLS → PADS Layout → Eco to PCB. Tarkista, että komponentti toimii niin kuin pitää.

3. Jos symbolia ei löydy, niin silloin sellainen täytyy tehdä CAE decal editorin puolella. Komponentin datalehdestä löytyy yleensä malli, jonka perusteella decalista voidaan tehdä oikean näköinen. Jos datalehdestä ei löyty symbolille mallia, niin se joudutaan etsimään muualta.

4.1 Teet uutta CAE Decalia

CAE decal editorin puolella työskennellään mils pohjalla. Tarkista datalehdestä, minkälainen symboli siellä on käytetty kyseiselle komponentille.

Kuva 9:ssä on valintaikkuna näkymä, kun tehdään uusi CAE decal symboli. Siihen päästään samalla lailla, kuin kuva 2:ssä. (Eli File →New →CAE Decal).



Kuva 19

1. Loggaa CAE Decal Editoriin
2. Määritä grid 100 milsiin yleistä piirtoa varten. Käytä vakio viiva leveyttä.
3. Valitse piirtotyökalun puolella neliön teko.
(Laatikon leveys riippuu pinnien toiminnallisista nimistä. Jos pinnien nimissä on 4 merkkiä tai vähemmän, niin 600 milsiä leveä laatikko on riittävä. Kahden merkin lisäys pinnien toiminnallisiin nimiin tarkoittaa keskimäärin 200 milsi:n levennystä decalin leveyteen.

Tämä siksi, että pinnien toiminnalliset nimet näkyvät siististi. Korkeus määrittyy pinnien kokonaismäärän mukaan. Jos pinnejä on alle 20, niin hyvä pinniväli on 200 milsiä. Suuremmilla määrillä on helpompi, jos ne laitetaan 100 milsi:n välein, jolloin kytkentä on helpompi saada mahtumaan yhdelle sivulle piirikaaviossa. Joskus datalehti määrittää pinnit useammalle kuin kahdelle sivulle, jolloin decalin leveys saataan joutua muokkaamaan.)

4. Lisää pinnit
5. Tee CAE decalin pinnien välisen alueen siihen sopivalla gridillä
6. Tallenna CAE Decali
7. Poistu CAE Decal Editorista
8. Mene Part Editorin puolelle
9. Lisää tekemäsi CAE Decal komponenttiin

CAE Decali lisätään Gate välilehden alta.

10. Tallenna komponentti
11. Määritä komponentin logiikka perhe taulukon mukaisesti.
12. Liitä PCB Decali komponenttiin
13. Lisää tarvittavat attribuutit
14. Tarkista pinnien nimet ja kytkeytyminen
15. Tallenna komponentin tiedot
16. Tarkista komponentin toimivuus (Kuvan 6 ohjeen mukaisesti)

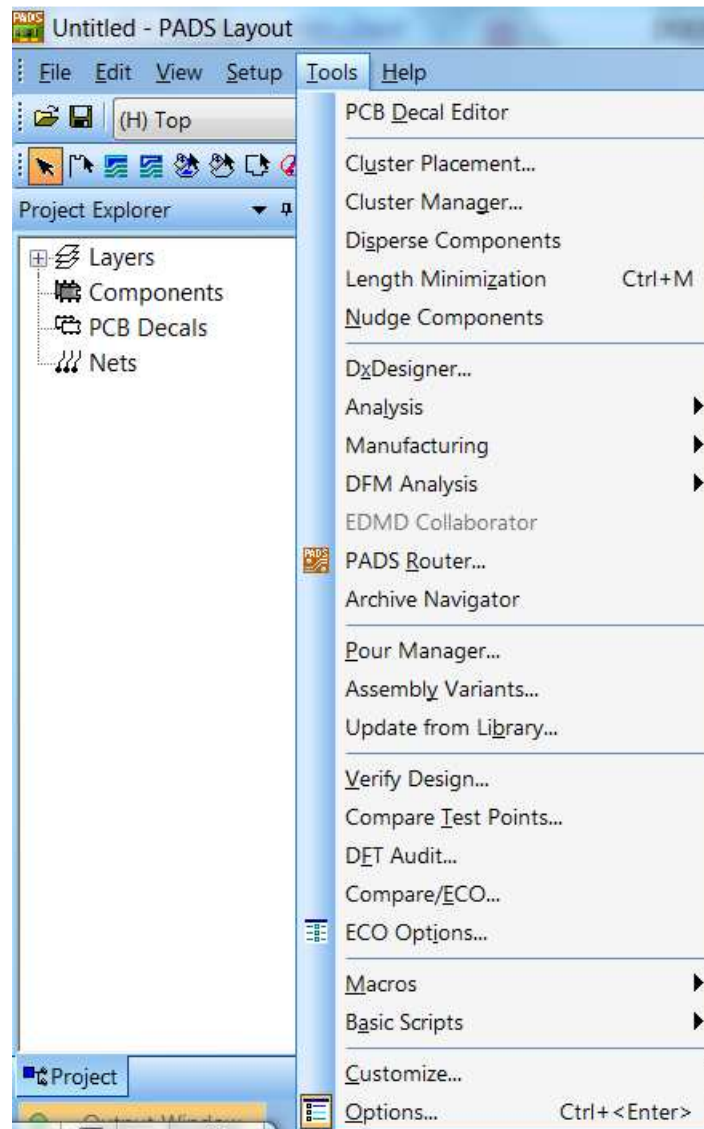
Tuo uusi komponentti tyhjälle piirikaavio pohjalle, kytke komponentti. Tämän jälkeen: TOOLS → PADS Layout → Eco to PCB. Tarkista, että komponentti toimii niin kuin pitää.

5. Jos komponentille ei löydy piirilevy decalia, sellainen täytyy luoda datalehden ohjeiden mukaan.

Aukaise PADS:n piirilevysuunnitteluun tarkoitettu ohjelmisto. Tässä luodaan komponentin mekaaninen malli, joka sisältää muun muassa jalkajärjestyksen, komponentin padi kuvion muodon sekä niiden paikat. Täällä tehdään myös komponentille avaukset soldermask kerrokseen ja pastamask-kerrokseen lisätään padi sekä mahdollisesti liimausta varten, jos SMD komponentti on tarkoitus juottaa aaltojuotosprosessissa. Komponentin rungon ääriviiva pitää lisätä mekaniikkakerrokseen. Lisäksi silkkikerrokseen tarvitaan komponentille ääriviiva, jonka sisälle komponentti mahtuu.

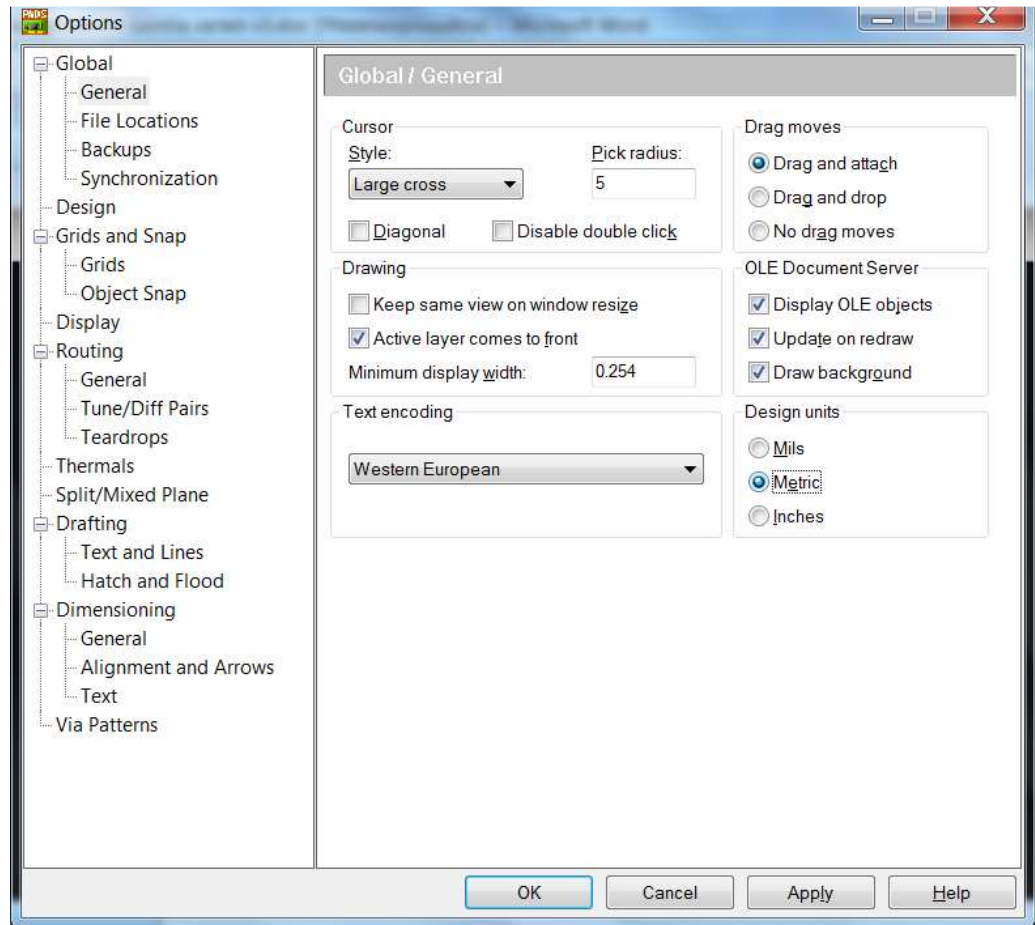
5.1 PCB Decal Editorin optioita

Uutta decalia pääset luomaan TOOLS → PCB Decal Editor. Kuvassa 11 on esimerkki kuinka PADS Layoutista päästään Decal Editorin puolelle.



Kuva 20

Kuvan 11 mukaisesti päästään valitsemaan Options, josta siirrytään kuvan 12 mukaan vaihtamaan yksiköt mils → mm.



Kuva 21 Näkymä Option's sivulla olevasta general välilehdestä

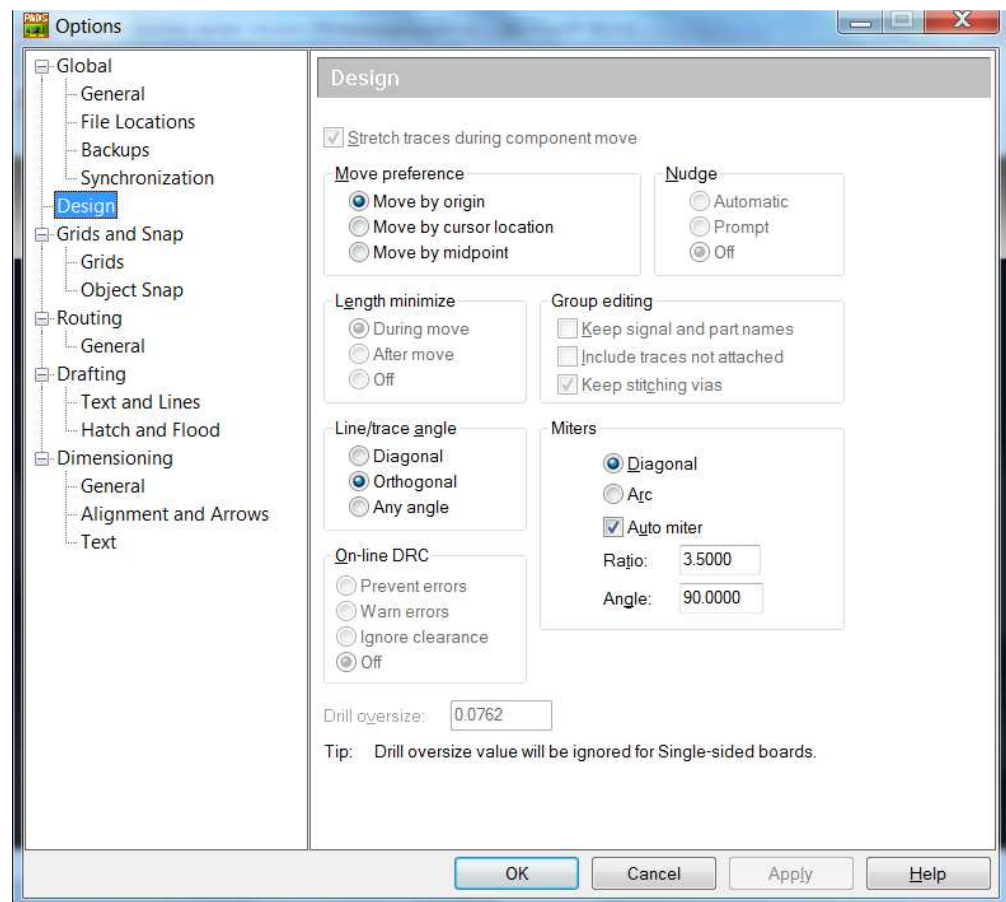
Kuvassa 13 on komponentille erilaisia suunnittelu optioita.

Line/trace angle, tässä määritellään erilaisia kulmavaihtoehtoja viivan piirtämiselle.

- Diagonal, tässä voidaan viiva piirtää 45 asteen välein
- Ortogonal, tässä voidaan viiva piirtää 90 asteen välein
- Any angle, vapaa kulma viivaa piirtäessä

Miters, tässä voidaan määrittää vaihtoehdot jos kahden viivan kulmaan halutaan tehdä muokkaus

- Diagonal, tässä vaihtoehdossa kahden viivan kulmaan voidaan asettaa halutun mittainen kavennus 45 asteen kulmassa
- Arc, tässä vaihtoehdossa kahden viivan kulmaan voidaan asettaa halutun mittainen pyöreä kulma
 - Auto Miter, tällä voidaan automaattisesti saada asetuksista riippuen kulma tai pyöristys. Ratio- ja Angle- kohdassa määritellään halutut arvot



Kuva 22 Näkymä option's sivun design välilehdeltä

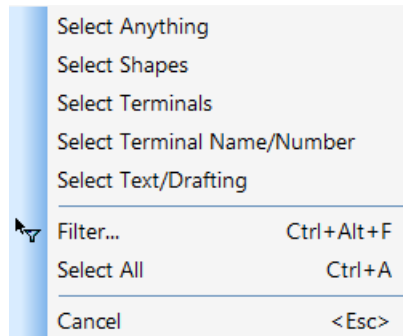


Kuva 23 Näkymä PADS:in työkalulistasta decal-editorin puolella

Piirtotyökalun optiot

- Select Mode, tällä valitaan oikean hiiri napin alta valittu vaihtoehto
- Terminal, tällä lisätään komponentille padi
- 2D Line, tällä lisätään komponentin ääriviiva
- Text, tällä lisätään tarvittaessa Teksti tietoa
- Copper, tällä voidaan tarvittaessa lisätä monimuotoisen terminaaliiin muotoja
- Copper Cut Out, tällä voidaan poistaa kuparia. Ei tarpeellista komponentin luonnissa
- Keepout, jos komponentilla on mahdollisia alueita missä ei piirilevypuolella saa laittaa mitään, on ne hyvä tuoda näkyviin kieltoalueella
- From Library, tällä voidaan komponenttiin tuoda aiemmin tehtyä tietoa (lähinnä viivatietoa)
- Wizard, uusi optio tehdä komponentti
- Add New Label, tällä lisätään komponentille tunnistetietoja Silkkipainoa ja Komponenttiasennusta varten
- Import DXF File, tällä voidaan tuoda mekaniikka ohjelmasta tarvittaessa viivatietoa
- Wizard Options, älä muokkaa näitä tietoja
- Text and Line Options, käytetään asetettuja arvoja

Näkymä oikean hiiren napin alta kuvassa 15.

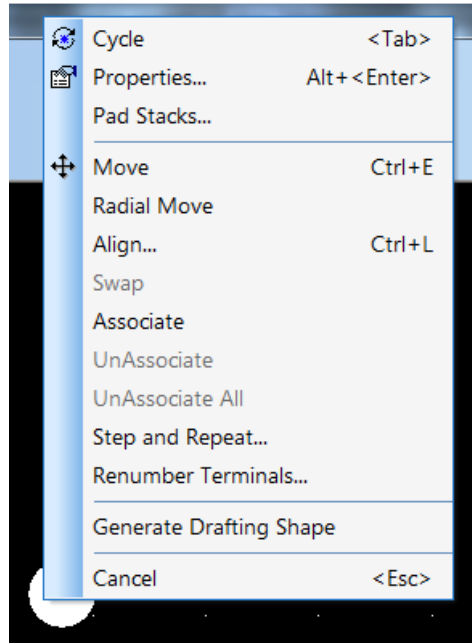


Kuva 24 Näkymä optioista mitä saa kun painetaan hiiren oikeaa nappia

Terminaalin optiot

- Pyöreä terminaali kuva
- Neliön muotoinen terminaali kuva
- Pyöreä terminaali, missä kupari on avattu keskellä
- suorakulmainen terminaali, missä on puolipyöreän muotoinen pääty
- suorakulmainen terminaali
- monimuotoinen terminaali (Monimuotoinen terminaali on helpompi tehdä assosioimalla kuparia terminaaliin)

Terminaalia pääsee muokkaamaan, kun valitaan terminaali oikean hiiren alta, jonka jälkeen valitaan kuvasta 16 kohta nimeltään Pad Stacks.



Kuva 25 Näkymä terminaalin muokkaamisoptioista

Kuva 17 antaa näkymän PADS:in vakio terminaalista, kun se on lisätty ensimmäistä terminaalia varten PCB decaliin. Tästä terminaalia lähdetään muokkaamaan halutun kokoiseksi.

Pin No: kohdassa näkyy valitut terminaalit. Tässä tapauksessa terminali on nimetty A1:seksi.

Sh.Sz. Layer kohdassa määritellään missä kerroksissa terminali on. Add -painikkeella saa kerroksia lisättyä tarpeen mukaan.

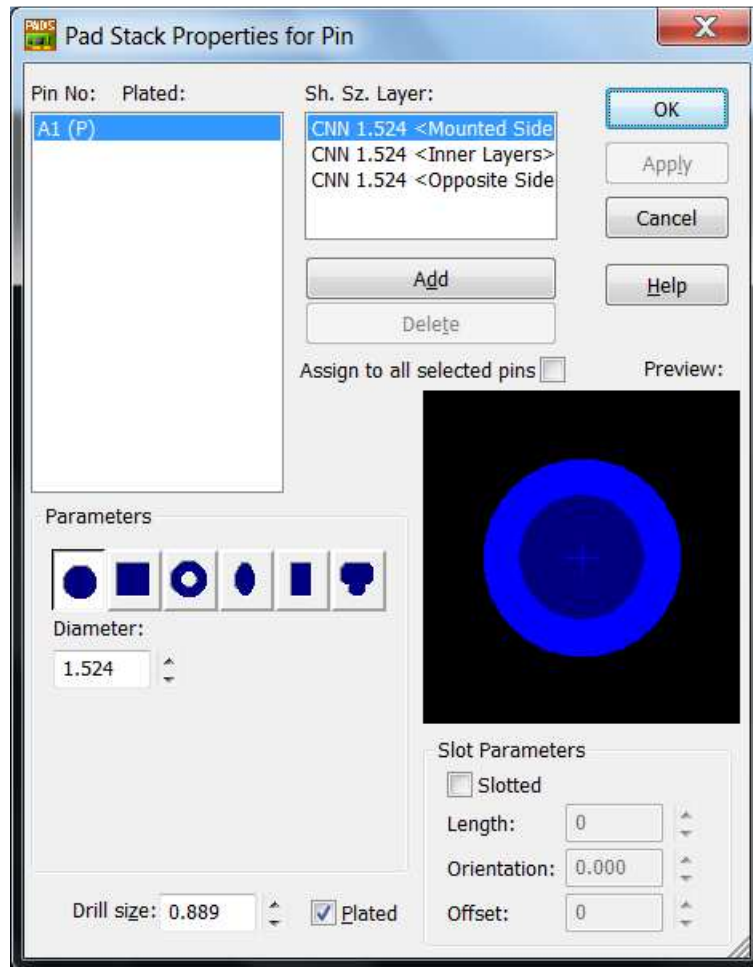
Muista määrittää kaikkiin kerroksiin terminaalin koko. Pintaliitoskomponentissa terminali on vain Mounted Side –kerroksessa.

Valitse haluttu terminaalin muoto, tästä riippuu muokataanko diame- ter, SIZE, Width, Length, Orientation sekä Offset tietoja.

Drill size -kohdassa määritellään reiän koko, jos komponentti tulee pii- rilevyn läpi. Jos kyseessä on pintaliitos komponentti, koko on nolla (0).

Jos reikä on mekaaninen tuki, jota ei ole tarkoitus juottaa, poista ruk- si Plated -kohdasta.

Slot Parameters optiosta voidaan tehdä jyrsitty reikä, joka kuparoi- daan tarvittaessa. Myös tälle optiolle on olemassa suunta ja offset toiminto.



Kuva 26 Näkymä orginaalista terminaalista ennen muokkaamista

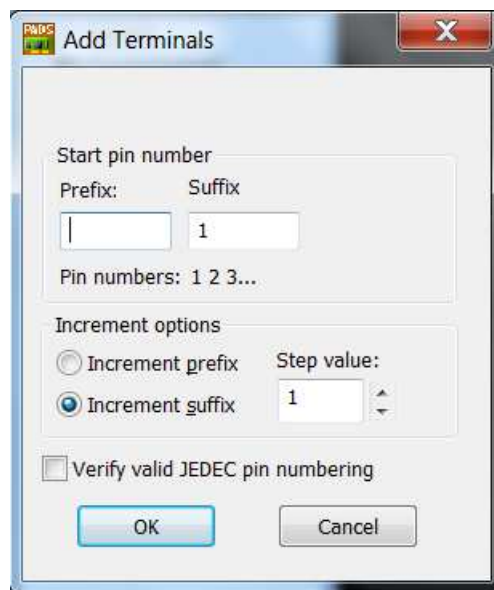
Muokkaa terminaalit datalehdteen suositusten mukaiseksi. Lisää terminaalille soldermask-avaus ja mahdollisesti pastakupari tai aaltojuotos-ta varten liimapisaralle paikka.

Mutta jos komponentilla on useampi samanlainen terminaalit tasaisin välimatkoin. Poistu terminaalin lisäyksestä.

Kuvassa 18 saa valittua mistä pinninumerosta aloitetaan. Jos ei Prefix –kohtaan laiteta mitään, on ensimmäinen terminaalit automaattisesti 1-pinni. Increment optioilla voidaan valita minkä mukaan Step –value määräytyy

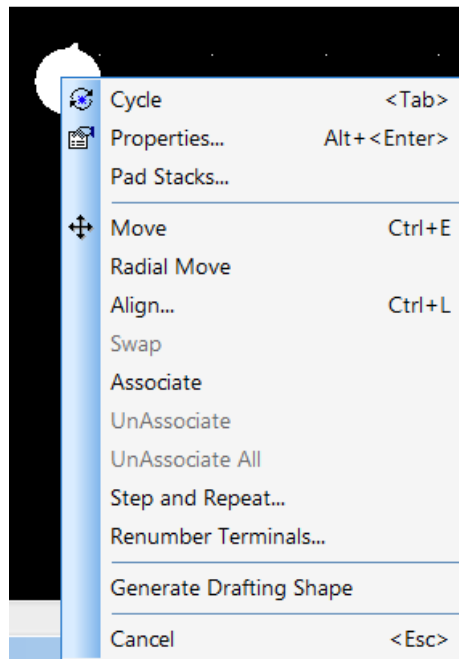
Jos Increment optioneissa on valittu prefix optio ja step –value on 1, niin pinnin 11 jälkeen tulee 21, mutta jos on valittu suffix optio ja step –value on 1, niin pinnin 11 jälkeen tulee 12.

- Prefix, tähän kohtaan kun laittaa 1:sen, niin ensimmäinen pinni-numero olisi 11, jos samaan kohtaan laittaa 2:sen, niin se olisi 21 jne.
- Suffix, tähän kohtaan kun laittaa esim. 5, niin eka pinninumero on 5, step valuen ollessa 1, niin seuraava pinni numero on 6. Jos step value on 2, seuraava pinni numero on 7.



Kuva 27 Näkymä kuinka muokataan terminaalin step-value

Kuvassa 19 on esimerkki miten päästään Step and Repeat - komentoon.



Kuva 28 Näkymä terminaalin monistamista varten

Kuvassa 20 näkyy mitä toimintoja Step and Repeat komennon alta löytyy.

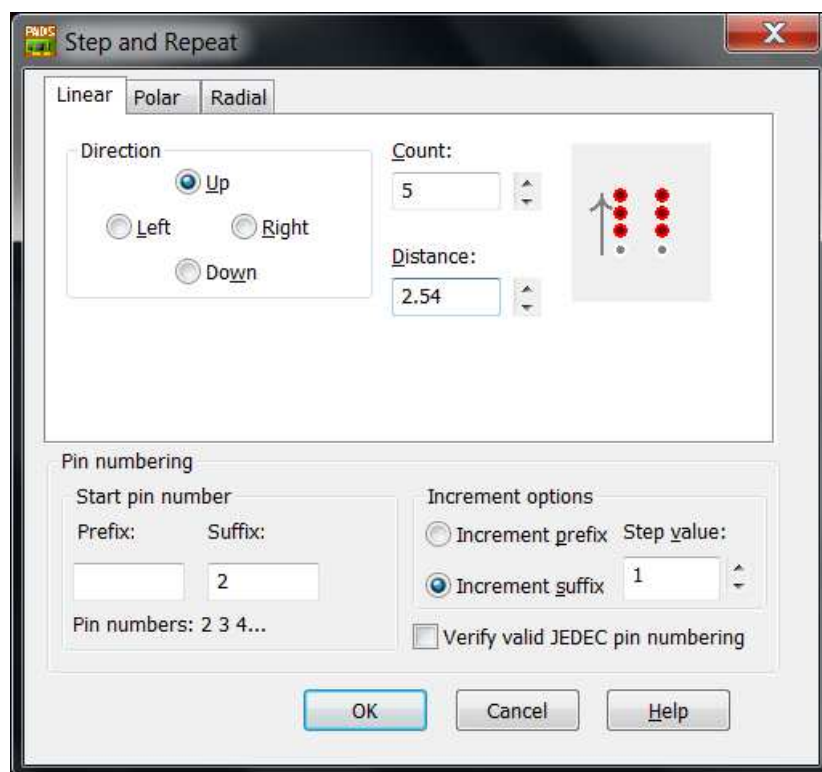
Siellä voidaan terminaalia monistaa haluttuun suuntaan. Määritellään montako terminaalia monistetaan haluttuun suuntaan sekä terminaalien välien etäisyys.

Linear- valikon alta löytyy normaali monistus terminaalille.

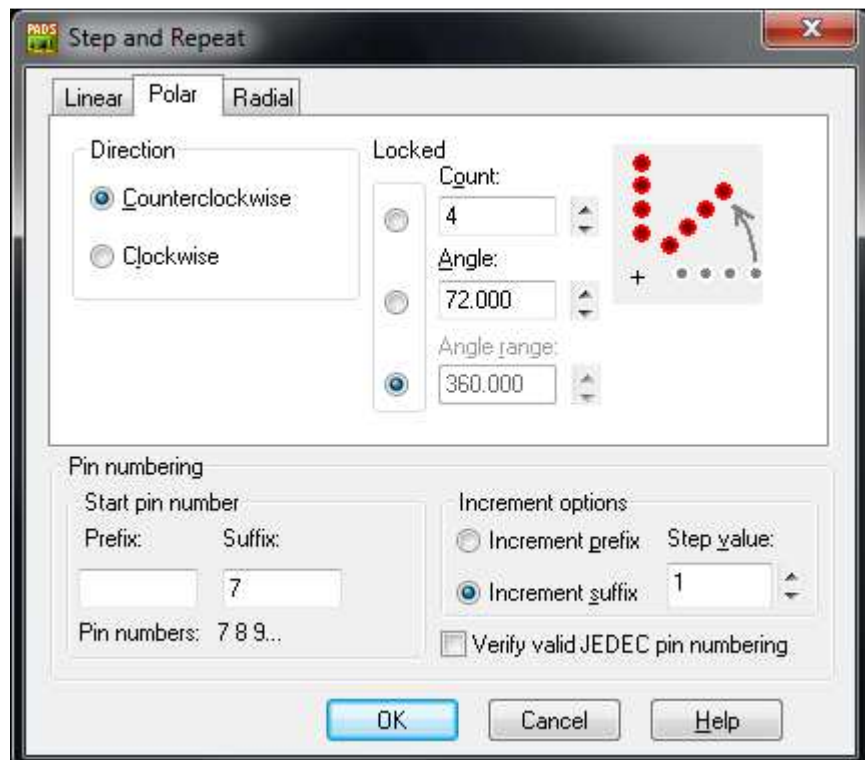
(Muista, että sinulla on jo yksi terminaali, joten Count -1 on siinä sivulla olevien terminaalien kokonaismäärä.) Toista tämä tarpeen mukaan. Direction –valikosta löytyy UP, LEFT, DOWN ja RIGHT komennot, jotka määrittää mihin suuntaan terminaali monistetaan. Alkupiste on monistettava terminaali.

Count kohdassa voidaan määrittää, kuinka monta kertaa terminaali monistetaan.

Distance kohdassa voidaan määrittää terminaalien välinen etäisyys.

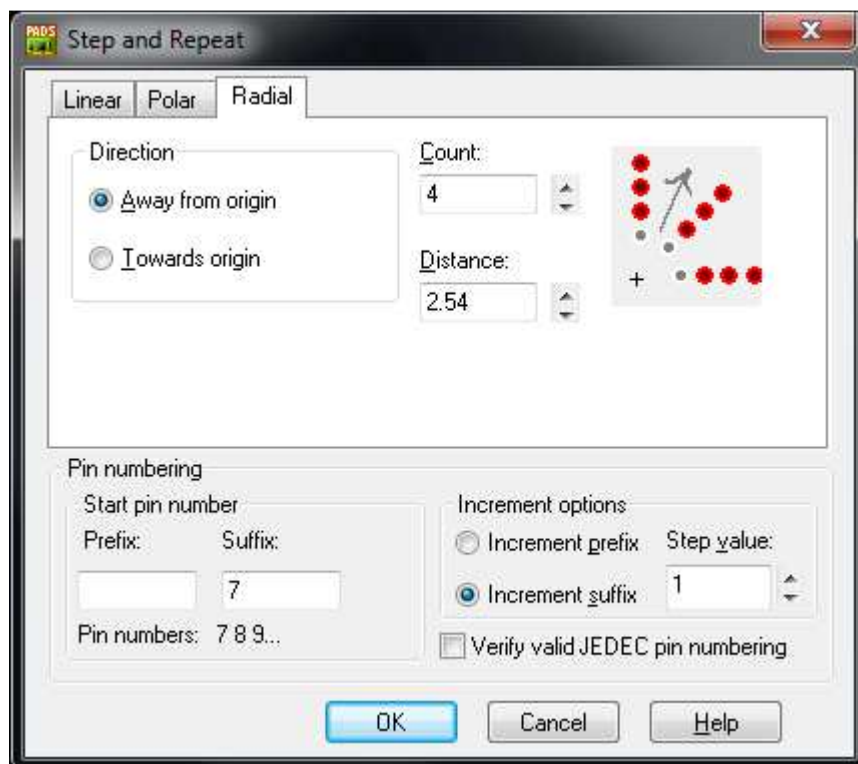


Kuva 29 Näkymä mihin suunnista terminaalin monistamista varten



Kuva 30 Näkymä terminaalien asettamisesta keskipisteeseen nähden halutulla välillä

Jos halutaan terminaalit laitettua tasaisin välein keskipisteestä, niin että terminaalien väli määritetään astemuodossa, niin pitää valita Polar välilehti. Tällöin terminaalien numerointi etenee samalla kaarella. Kuvassa 21 on terminaalien välinen kulma määritetty 72 asteeseen. Tällöin kaarelle tulee 5 terminaalialia tasaisin välein.



Kuva 31 Näkymä terminaalin monistamisesta rivi kerrallaan

Jos valitaan Radial välilehti, niin samalla reunalla olevien terminaalien numerointi on juokseva. Kuvassa 22 on määritetty terminaalien väli-
seksi etäisyydeksi 2.54 mm ja count on määritetty 4:ään, jolloin linjalla
on 5 terminaalia.

Jos komponentilla on vain muutama terminaali, jotka ovat samanlai-
sia, ne voi myös kopioida ja sitten määrittää terminaalin paikan oikean
hiiri napin takana oleva properties – valikosta. Sieltä voidaan määrit-
tää terminaalin X- ja Y- koordinaatti.

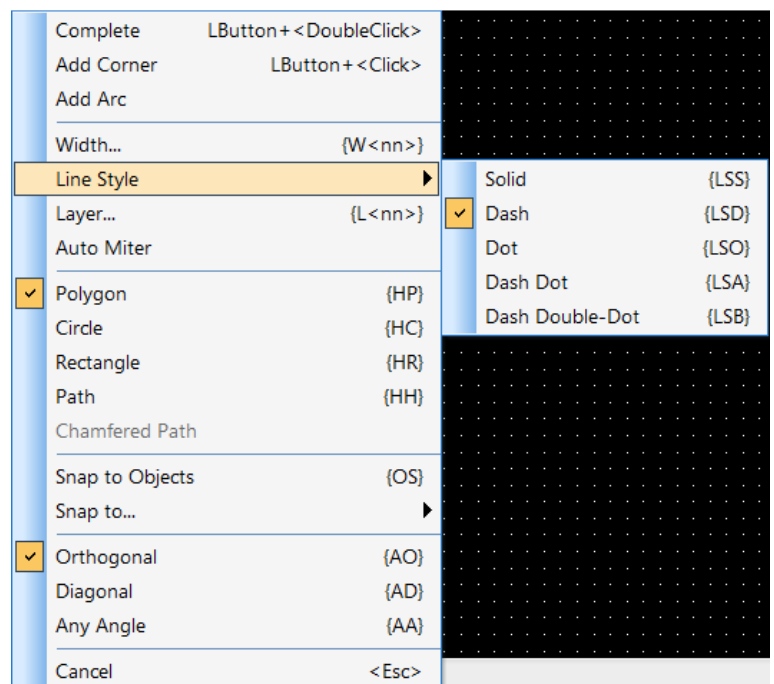
Jos terminaalit ovat erilaisia, tee kumpikin terminaali erikseen.

Käytä vakio viivan leveyttä, kun piirrät komponentin ääri viivoja.

Ääri viivan piirtotyökalu löytyy Drafting toolbarin alta nimellä 2D line.

Oikean hiiripainikkeen alta saa kuvan 21 mukaisen näkymän.

- Add Corner, tällä komennolla voidaan lisätä kulma viivan nurkkakohdaan
- Add Arc, tällä komennolla voidaan tehdä pyöreä muoto viivalle
- Width, täällä voidaan muokata viivan leveyttä tarvittaessa
- Line Style -kohdassa on vaihtoehtoja viivatyyppistä, joita voidaan piirtää
 - Solid, tämä on normaali viiva
 - Dash, tämä on katkoviiva
 - Dot, tämä on pisteviiva
 - Dash Dot, tässä on vuorotellen viiva ja piste
 - Dash Double Dot, tässä on viiva jonka jälkeen on kaksi pistettä
- Layer, tässä määritellään mihin kerrokseen viiva piirretään



Kuva 32 Näkymä viivatyyppin muokkaamista varten

Oletusarvoisesti se on polygon (viiva). Sen voi vaihtaa Circle (pyöreä), Retangle (suorakulmainen), Path (viiva).

- Polygon, tällä täytyy viivat lopuksi saada yhteen (Hyödyllinen monimuotoisessa komponentissa)
- Circle, jos komponentti on pyöreä
- Retangle, jos liitin on neliskanttinen
- Path -komennolla voidaan lisätä tarvittaessa viivanpätkiä, jolloin PCB Decalista saa paremmin hahmotettua.

Orthonogal, Diagonal ja Any Angle kohdat määrittävät viivan piirtämisen kulmat. Sen saa valittu klikkaamalla hiirellä halutussa kohdasta.

- Orthonogal mahdollistaa vain 90 asteen kulmia
- Diagonal mahdollistaa 45 asteen jaolla olevat viivat
- Any Angle tarkoittaa, että sinulla on vapaa kulma käytössä piirtäessäsi viivaa.

Piirilevydecaliohje

1. Vaihda pohja mils:stä mm:iin kohdasta TOOLS → Options → Design Units
2. Muokkaa RefDes tekstin koko 1.0mm korkea ja 0.125 mm leveä viiva.
3. Avataan komponentin piirtotyökalu. Komponentin piirtotyökalun saa auki kuvan 14 mukaisesti.
4. Laita ensimmäinen terminaali
5. Nimeä ensimmäinen terminaali (se voi olla numero tai alfanumeerinen)

Alfanumeerisia pinnejä on käytössä joissakin komponenteissa. (Esim. BGA tyyppiset komponentit)
6. Muokkaa terminaalin koko oikeaksi

Tässä muokataan terminaalin koko, lisätään soldermask –kerrokseen avaus, sekä tarvittaessa pastakuparin koko.
7. Lisää terminaalille Soldermask kerrokseen avaus.

Avaus vähän suurempi kuin terminaalin koko (0.1 mm suurempi kuin terminaalin koko on hyvä)

Jos on kovin tiheällä jaolla oleva komponentti, niin Soldermask alue voidaan tehdä kuparilla kaikkien terminaalien alta yhtenä alueena.
8. Lisää terminaalille pastakupari.

Tämä lisätään, jos pastakupari ja terminaalien ei ole tarkoitus olla samankokoisia. (Yleensä, jos komponenttia ei ole tarkoitus juottaa pastamenetelmällä, niin sen koko määritellään 0:ksi. Vaihtoehtoisesti läpiladottava komponentti joka on tarkoitus juottaa pastamenetelmällä).
9. Valitse terminaali ja oikean hiiri napin takana löytyy Step and Repeat -komento.
10. Lisää Silkscreen Top ja Assembly Drawing Top nimiseen kerrokseen Ref.Des merkintä
11. Piirrä komponentin ääri viiva TOP – layer nimiseen kerrokseen
12. Jos TOP-kerroksessa oleva viiva on tehty useammasta viivasta, liitä ne yhteen.

13. Kopioi TOP-kerroksen viiva Assembly Drawing Top – kerrokseen.
14. Piirrä komponentin äärioviiva Silkscreen Top – kerrokseen ja merkitse 1-pinnin paikka.

Silkscreen Top kerroksen viivan sisälle pitää mahtua komponentin mekaniikka ja terminaalit.

15. Tallenna piirilevydecali